

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表平8-508174

(43) 公表日 平成8年(1996)9月3日

(51) Int.Cl.⁶

A 6 1 C 7/20
7/14
7/28

識別記号

庁内整理番号

7108-4C
7108-4C

F I

A 6 1 C 7/00

A
B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 121 頁)

(21) 出願番号 特願平6-512324
(86) (22) 出願日 平成5年(1993)11月9日
(85) 翻訳文提出日 平成7年(1995)5月9日
(86) 国際出願番号 P C T / U S 9 3 / 1 0 8 5 8
(87) 国際公開番号 W O 9 4 / 1 0 9 3 5
(87) 国際公開日 平成6年(1994)5月26日
(31) 優先権主張番号 0 7 / 9 7 3 , 8 4 4
(32) 優先日 1992年11月9日
(33) 優先権主張国 米国 (U S)
(31) 優先権主張番号 0 7 / 9 7 3 , 9 4 7
(32) 優先日 1992年11月9日
(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 オルムコ コーポレーション
アメリカ合衆国 91740 カリフォルニア
州, グレンドラ, サウス ローン ヒル
アベニュー 1332
(72) 発明者 アンドレイコ, クレイグ エイ.
アメリカ合衆国カリフォルニア州アルタ
ロマ, アーモンド ストリート 9153
(72) 発明者 ベイン, マーク エイ.
アメリカ合衆国カリフォルニア州ウィット
ィアー, メサ グROUP アベニュー
5578
(74) 代理人 弁理士 浅村 皓 (外3名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 注文歯科矯正器具形成方法及び装置

(57) 【要約】

患者 (14) のデジタル下顎及び歯形状データ (26) から歯科矯正器具 (25) が自動的に設計及び製作されるシステム (10) 及び方法は、好ましくは患者の口のモデル (20) から、走査を行って2次元もしくは3次元画像を生成し、患者の歯及び顎の輪郭及びその上の選定点をデジタル化する。走査された個別の患者データからコンピュータ (30) が弧線を描き仕上げ歯位置を計算し次に、好ましくは、弧線及びブラケットを含む器具 (25) を設計して歯を計算された位置へ動かす。下歯は下顎により画定される弓上のガムに配置され歯の先端を滑らかな曲線上に最良適合させるように修正される。歯の歯冠長軸が引き出され犬歯を除く全ての下歯を面内に配置して咬合する歯をそれらに適合させる治療において最適に傾斜される。上部切歯及び犬歯隆起に対する重量が計算される。各ブラケットがベース及び弧線サポートを有し、切断機 (39) の刃を使用して、傾斜可能なホルダーに締着されたブランクに弧線溝が注文傾斜、深さ、位置及び曲率で切り込まれる。ホルダー及び刃はコンピュータ (30c) からのコマンドにより動かされ

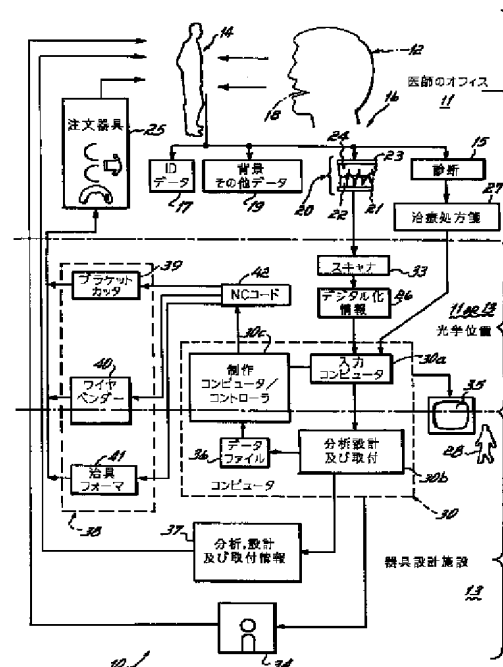


FIG. 1

【特許請求の範囲】

1. 患者の口腔の解剖学的形状を測定する段階と、前記患者の個々の歯の前記形状を表す歯の3次元的形状データを備えたデジタル化された解剖学的形状データを前記測定段階から得る段階と、前記デジタル化された解剖学的形状データに少なくとも部分的に依存するデジタル化された数学的アーチ形状モデルを作成するためにプログラムされたデジタル・コンピュータで前記デジタル化された解剖学的形状データを処理することにより理想的な歯のアーチ形状を得る段階と、得られた前記の理想的な歯のアーチ形状に沿って歯に中間の遠心方位に間隔をあけるために、およびそれぞれの個々の歯に対する前記3次元の歯形状に少なくとも部分的に基づく位置および方位に対し得られた前記の理想的な歯のアーチ形状に対して歯の位置および方位を定めるために、前記デジタル化された解剖学的形状データからおよび前記デジタル化された数学的アーチ形状モデルから歯の完成位置を前記コンピュータで得る段階と、複数の歯のおおのくに装具連結点を設定する段階と、デジタル化された前記3次元の歯形状データと、設定された前記装具連結点と、得られた前記歯の完成位置とから、装具のそれぞれの連結点における歯と得られた前記歯の完成位置における歯とを相互連結する寸法の装具構成体をカスタム歯科矯正装具が有するように、デジタル化された前記3次元の歯形状データからコンピュータでもって前記カスタム歯科矯正装具を設計する段階と、前記装具設計段階の結果に関連する幾何学的情報を含みかつ機械が読み出し得る制御信号を生成する段階と、前記設計された装具構成体を有するカスタム歯科矯正装具を作成するように前記制御信号に含まれる前記形状寸法情報に従って前記装具を成形するために機械が読み出し得る前記制御信号に応答する機械でカスタム歯科矯正装具を製造する段階と、を有する、患者の口腔の中の好ましい完成位置に患者の歯を配置するためのカスタム歯科矯正装具を製造する方法。

2. 第1項記載の方法において、前記歯が下顎歯および上顎歯を有し、かつ前記解剖学的形状測定段階が、患者の下顎を測定する段階と、それにより下顎の形状のデジタル化されたデータを生成する段階と、患者の下顎歯および上顎歯を

測定する段階と、それにより個々の下顎歯形状および個々の上顎歯形状のデジタル化されたデータを生成する段階とを有し、かつ前記アーチ形状を得る段階が前記デジタル化された下顎形状データから下顎骨格アーチ形状をコンピュータで得る段階を有し、かつ前記歯の完成位置を得る段階が前記下顎骨格アーチ形状に対して歯を配列するために前記歯形状データと前記得られた下顎骨格アーチ形状とから歯の完成位置を得る段階を有する、前記方法。

3. 第1項または第2項に記載の方法において、前記アーチ形状を得る段階が、前記デジタル化された解剖学的形状データに基づいて曲線を定める段階と、滑らかで連続したアーチ形状方程式を生成するために最適化の統計的方法により前記曲線を滑らかにする段階とを有し、かつ前記完成位置を得る段階および前記装具構成体設計段階が前記アーチ形状方程式に少なくとも部分的に基づいて行われる、前記方法。

4. 第1項または第2項に記載の方法において、コンピュータの中のアーチ形状方程式により前記得られたアーチ形状をデジタルに表示する段階と、一連の逐次の接触円セグメントにより前記アーチ形状方程式をデジタルに表示する段階とをさらに有し、かつ前記装具設計段階が前記アーチ形状方程式の円セグメントから得られる円セグメント長および円セグメント半径を表す一連のデジタル値に少なくとも部分的に従ってアーチ形の装具を設計する段階を有し、かつ前記装具製造段階が、前記セグメント長およびセグメント半径を変換して前記制御信号を生ずるための一連の命令にする段階と、前記信号にに応答して前記設計された装具構成体に整合する信号に応答してそのおののセグメント長に対応する半径に前記装具を順次に作成する段階とを有する、前記方法。

5. 第1項または第2項に記載の方法において、前記測定段階が患者の複数個の歯のおののの唇側表面および舌側表面の上の種々の点のデータをデジタル化する段階を有し、かつ前記点に関してそれぞれの歯の歯冠長軸の方位のデジタル表示を前記デジタル化した唇側表面データおよび舌側表面データから得る段階と、前記デジタル化されたデータと歯の前記歯冠長軸の前記デジタル表示とから歯の完成位置を計算する段階とをさらに有し、かつ前記計算された完成位置が好ましい歯冠長軸方位を有する、前記方法。

6. 第5項記載の方法において、複数の患者に対して前記好ましい歯冠長軸方位を計算する段階と、前記計算された好ましい歯冠長軸方位の記録を作成する段階と、患者のおおのこの個人データを記録する段階と、前記計算された好ましい歯冠長軸方位を前記個人データと関連させる段階と、前記関連に基づいて患者を集団群に分類する段階と、前記集団群の患者に対し好ましい歯冠長軸方位の統計的記録を作成する段階と、をさらに有する前記方法。

7. 第1項または第2項に記載の方法において、前記装具設計段階が歯の形状のデータから装具配置ジグ構成体を設計する段階を有し、かつ装具配置ジグ構成体のおおのこのがその上の連結点の位置およびそれへの装具の連結を容易にするためにそれぞれの歯の表面に適合するジグ表面を有し、かつ前記制御信号生成段階が設計された前記装具配置ジグ構成体に少なくとも部分的に従って制御信号を生成する段階を有し、かつ前記装具製造段階が設計された前記配置ジグ構成体に整合した制御信号に応答して装具配置ジグを機械で自動的に製造する段階を有する、前記方法。

8. 第1項または第2項に記載の方法において、患者のそれぞれの上側後部歯と下側後部歯との咬合対を識別する段階と、顎が閉じた位置にある時前記対の下側歯の最高限度から前記対の上側歯の最低限度までの垂直距離をおおのこの対に対しデジタル化された前記歯形状データから決定する段階と、その上の最高点がほぼ平坦な咬合表面の上の垂直位置にある患者の下顎歯の完成位置をデジタル化された前記データから計算して調整された最大垂直距離を選定する段階と、前記咬合表面のそれぞれの上および下の範囲内の患者の上犬歯および下犬歯の完成位置を計算する段階と、をさらに有する前記方法。

9. 第1項または第2項に記載の方法において、患者の歯茎からの最適の間隔を得るためにおよび患者の反対側の顎の歯との最適の隙間を得るために、連結位置設定段階が、装具の対の形状寸法をデジタル化する段階と、デジタル化された前記歯形状データから患者の反対側の顎の歯の表面の上の種々の点における関係を計算する段階と、患者の歯茎からの最適の間隔を得るためにおよび患者の反対側の顎の歯との最適の隙間を得るために装具が連結されるべき患者の1つの顎の歯の表面の上の位置をデジタル化された前記データから計算する段階と、

患者の歯に装具を連結するために計算された前記位置に従って装具構成体を設計する段階と、を有する前記方法。

10. 患者12の口腔18から解剖学的形状20～24を測定し、そしてそれにより患者の個々の歯の形状を表す3次元の歯形状データを備えたデジタル化された解剖学的形状データ26を生ずるための装置30、30a、33、43、50、57と、デジタル化された前記解剖学的形状データに少なくとも依存するデジタル化されたアーチ形状モデルを得るために特別にプログラムされたデジタル・コンピュータ30bでデジタル化された前記データ26から理想的歯科アーチ形状を得るための、かつ得られた前記理想的歯科アーチ形状に沿って歯を中間の遠心方位に間隔をあけるためにおよびそれぞれの個々の歯に対する前記3次元の歯形状データに少なくとも基づく位置および方位に得られた前記理想的歯科アーチ形状に対し歯の位置および方位を定めるために得られた前記デジタル化されたデータ26および得られた前記デジタル化されたアーチ形状から歯の完成位置を得るための、かつ前記に従って製造されたカスタム装具が得られた前記完成位置の歯との連結点で歯と相互に連結する寸法を有するように前記デジタル化された歯形状データと設定された装具連結点と得られた前記歯完成位置と装具構成体とから多数個の歯設計のおのおのに関して装具連結点を設定するための、かつ設計された前記装具構成体に関連する形状寸法情報を有する機械コード42を作成するための、プログラム装置を備えたデジタル・コンピュータ30b、30cと、設計された前記装具構成体を備えた装具を作成するように前記形状寸法情報に従って装具25を作成するために前記機械コード42に応答してカスタム歯科矯正装具25を自動的に作成するための機械38、39、40、41と、を有するカスタム歯科矯正装具製造装置。

11. 第10項記載の装置において、前記製造機械38が、それに送られるワイヤ形状制御信号に応答して長い歯科矯正アーチワイヤ材料69を制御された形状に作成するための装置66～71を備えたアーチワイヤ作成機40と、前記信号が前記アーチワイヤ作成機に送られる時前記作成機が個々の患者の口腔18の解剖学的形状に整合するカスタム歯科矯正アーチワイヤ64を作成するようにデジタル・アーチワイヤ形状データに応答してワイヤ形状制御信号を発生するため

の装置を備えたプログラム装置と、を有する前記装置。

12. 第11項記載の装置において、得られた前記デジタル・アーチワイヤ形状データが、得られた前記デジタル・アーチワイヤ形状データの長さ成分に関連するワイヤ長データと、得られた前記デジタル・アーチワイヤ形状データの湾曲成分に関連するワイヤ湾曲データとを有し、かつ前記湾曲成分は前記長さ成分の関数であり、かつ前記ワイヤ形状制御信号が、前記ワイヤ長データを運ぶワイヤ供給制御信号と、前記ワイヤ湾曲データを担うワイヤ湾曲制御信号とを有し、かつ前記プログラム装置が、前記ワイヤ供給制御信号を発生するための装置と、ワイヤ湾曲制御信号を発生しおよび前記アーチワイヤ作成機に制御信号を送る装置とを有し、かつ前記アーチワイヤ作成機40が、前記ワイヤ供給制御信号に応答して前記歯科矯正アーチワイヤ材料69を縦方向に供給するための装置68と、前記ワイヤ湾曲制御信号に応答してかつ前記アーチワイヤ材料69の供給と同期して前記ワイヤ供給装置68により供給される前記アーチワイヤ材料69を横方向に湾曲させるための装置70とを有する、前記装置。

13. 第33項～第40項のいずれかに記載の装置において、前記製造機械38が、製造のためにその上にブラケット・ブランク80を取り付けるための装置をその上に有するホルダ73を備えたブラケット作成装置39と、そのブラケット・ベースの取り付け表面に関して計算された形状寸法の溝を有するブラケットを作成するために、前記ホルダ73に取り付けられた前記ブラケット・ブランク80を成形するための装置77を備え、前記制御信号に応答してそれに送られる機械制御信号に応答して前記ホルダ73に取り付けられたブラケット・ブランク80の少なくとも1つの表面を作成するための装置75～77とを有する、前記装置。

14. 第13項記載の装置において、溝のおのおのが溝傾斜を定める通常平行な上側面および下側面を有し、かつ溝のおのおのが溝位置を定める前記ブラケット・ベースに最も近いその端部に溝ベースを有し、かつブラケットの取付け表面に対する溝のそれぞれの計算された形状寸法関係が前記取付け表面に対する溝傾斜および溝位置を含有して有し、かつ発生された機械制御信号が前記取付け表面に対して前記計算された溝傾斜および前記計算された溝位置の溝80bを有するブ

ラケットを作成するために前記作成装置75～77に前記ブラケット・ブランク80を成形させるための機械制御命令を担い、かつそれぞれのブラケットの前記溝80bがその上に前記ブラケットが取り付けられるべき歯に隣接してカスタム湾曲を有するアーチワイヤ64を受け入れるように調整され、かつブラケットの前記取付け表面に対する溝のそれぞれの計算された形状寸法関係がそれに隣接するアーチワイヤ64のカスタム湾曲に整合した溝底の湾曲を有し、かつ発生された前記機械制御信号が計算された前記溝底湾曲の溝を有するブラケットを作成するために前記作成装置に前記ブラケット・ブランク80を成形させるための機械制御命令を運ぶ、前記装置。

15. 第10項～第14項のいずれかに記載の装置において、前記ホルダ73および前記作成装置75～77がスタンド72に取り付けられ、かつ前記スタンド72に対しておよび前記作成装置75～77に対して前記ホルダ73の角度方位を定めるための装置74と、前記制御信号に応答して前記スタンド72に対しておよび前記ホルダ73に対して前記成形装置77を並進移動させるための装置75、76とをさらに有する、前記装置。

16. 第10項～第16項のいずれかに記載の装置において、前記製造機械38が、患者の歯の上にカスタム歯科矯正装具の位置を定めるジグを作成するための装置81と、それに送られる制御信号に応答してジグ作成材料のブランク83の表面の外形を成形するための装置81と、を備えたジグ作成機41を有し、かつ前記測定装置30、30a、33、43、50、57が患者12の歯の形状のデジタル化された記録および歯の表面上の装具連結点の歯形状記録に対する位置のデジタル化された記録を供給するための装置を有し、かつ前記プログラム装置が、デジタル化された歯形状記録とデジタル化された連結点記録とから、歯の歯冠の外側表面の特異の部分に整合するジグ配置表面を定めかつ歯の前記接合点に対し前記外側表面の特異の部分が有するのと同じ位置を前記ジグ配置表面に対して有する装具取付け表面を定めるジグ形状寸法を計算するための装置を有し、かつ前記発生装置が前記計算されたジグ形状寸法に従いジグ82を作成するための機械制御命令を担う機械制御信号を発生するための装置を有する、前記装置。

【発明の詳細な説明】

注文歯科矯正器具形成方法及び装置

本発明は歯列を正す歯科矯正器具の設計、製造及び使用方法に関し、特に個々の患者の解剖学的構造及び患者の診断に基づいた注文歯科矯正器具の自動化設計、製作及び使用方法、及びそのための患者の診断並びにそれによる患者の治療に関する。

発明の背景

患者の歯科矯正治療の基本的な目的は最適に機能しかつ一对の対向し協同する平面的で、もしくはほぼ平面的で、滑らかな弧を描くような相対的位置及び方位を占めるような患者の口の中の位置へ患者の歯を再配置もしくは再整列することである。2つの歯列弓の歯、上顎の歯の歯列弓及び下顎の歯の歯列弓、は最適すなわち理想的位置では通常平坦もしくは幾分上向きに窪んだ咬合面と呼ばれる面に沿って対向歯列弓の歯と接触する。

理想的位置に十分近くないため歯列矯正を要すると診断された患者の治療には歯並びのより重要な欠陥を克服する初期すなわち粗い処置と歯を出来るだけすなわち実用的に理想的位置へ近づけるように設計された仕上げ処置を含んでいる。粗治療には通常矯正歯科医が行ういくつかの公式の技術のいずれかをを使用してある歯を動かすことが含まれ、口腔外科医によるある歯の抜歯や患者の顎の手術等の処置が含まれることもある。

仕上げ処置では、矯正歯科医は患者の歯へ器具、すなわち1組の装具、を当てがって断続的に力を加え徐々に理想的位置へ向かって動かす。器具を当てがうことには通常歯に接着剤を塗るかもしくは歯の回りにバンドを固定することにより歯にブラケットを取り付けることが含まれる。通常各ブラケットには弧線を通す溝が設けられている。上歯に一つの弧線と下歯に一つの弧線が設けられている。代表的に、ブラケットの溝は矩形断面であり弧線も矩形断面である。溝内に取り付けた弧線はブラケットを介して歯を相互接続し、歯に力を加えて矯正歯科医が考える仕上げ位置へ向けて平行移動もしくは回転させる。

歯科矯正器具の設計及び応用において、理想的に設計され取り付けられた歯科

矯正器具はブラケットの溝を予め整形された弧線を最初に受け入れる位置とし弧線が弾性変形して歯へ矯正力を加え仕上げ位置へ向けて動かすことが判っている。仕上げ位置では、理想的に設計された器具の弧線はそれ以上弾性変形せず歯に力を加えることはない。従来技術においてこの目的を達成することにはある問題により妨げられている。

従来技術の一つの問題点は現在の歯科矯正製品が平均的な解剖学的構造に対して設計及び製作されていることである。そのため、矯正歯科医は特定の患者に必要なものに最も近い設計のブラケット及び弧線と思われるものを選定して、患者の治療のために設計を修正する必要性に直面する。この修正は器具を最初に取り付ける時にもある程度実施できるが、患者の治療過程における修正も避けられない。この修正はブラケットの交換という形をとることもあるが、一般的には処置の進行につれて弧線を周期的に湾曲及び再整形することが必要である。したがって、患者の治療は矯正歯科医が患者の治療の進行を監視し、通常弧線を湾曲することにより、器具を再調整して歯に加わる力を修正することにより、理想的とは言えない、最終位置へ歯を動かすマニュアルフィードバックシステムとなっている。その結果、器具が最初に最適設計とされている場合に患者は必要な期間よりも長く治療させられることがある。さらに、矯正歯科医が治療を実施するのに要する時間は器具を修正する必要がある場合の数倍になることがある。したがって、矯正歯科医は少数の患者しか治療することができず患者や矯正歯科医の治療コストが高くなる。

従来技術では歯に対する器具の接続点位置によっても問題が生じる。代表的に、ブラケットは歯に固着され次に弧線を取り付けて相互接続される。これは歯が不正咬合位置にある時に行われ、矯正歯科医は歯の仕上げ位置がどこで仕上げ位置へ歯を動かすにはどこへブラケットを配置すべきかという観念的な見通ししかない。器具をより有効に使用して歯の洗浄におけるケースを促進するために、矯正歯科医はブラケット及び弧線をガムから離して配置したい。しかしながら、歯の先端近くに配置すると歯が仕上げ位置に近づく時に対向する歯列弓の歯と干渉することがある。

理想的な歯科矯正器具の選定及び設計を妨げる従来技術のもう一つの問題点は歯の理想的仕上げ位置の数式に到達することが困難な点である。代表的に、矯正歯科医は患者の口のモデルを作り、モデル及びX線によって仕上げ位置へ歯を動かすための処置を決定する。このプロセスは時間を要し誤差及び不正確さの原因となる。測定値から矯正歯科医の判断に基づいて、規定の処置を実施するための器具部品が選定される。實際上、患者の治療は多くの場合科学というよりは技能であり、結果は劣等なものから優れたものまであり、一般的に変動する。

実用的な注文器具製作及び自動化器具設計方式が無いため標準部品及びマニュアル技術に固執する人もいるが、注文製作歯科矯正器具及び自動設計技術の使用に対するニーズが生じてきている。

E-P-A 0502227には患者の歯のモデルを使用してその輪郭を決定しそれと矯正歯科医が決める歯の所望位置から適切なブラケットジオメトリが決定される歯科矯正装具の形成方法が記載されている。決定する際に、歯の近遠心プロフィールが使用され、これらの形状、プロフィールは弧線位置に関連している。ジオメトリはブラケットに配置した時の弧線が垂直面において実質的に線形の形状を有し水平面において漸進的曲率を有するように計算される。次に計算されたジオメトリを自動的に使用してブラケットを形成しそれは弧線と共に矯正歯科医へ送られて取り付けられる。

W090/08512にも歯形状のデジタル化及び所望するブラケットジオメトリの計算を伴う歯科矯正器具設計方法が開示されている。ここではCADシステムがデジタル化された情報から作り出す数学モデルにおける初期位置に対して仕上げ位置が計算される。矯正歯科医が所望する結果を記述して患者の身体的特徴が考慮される。次に標準ブラケットを修正して決定的に必要な歯の動きが与えられる。CADシステムを使用するため、オペレータは画像として表示されるモデルを操作して最終位置を計算することを理解されたい。

自動化注文器具設計方式の開発はいくつかの困難に遭遇している。それには信頼度が高く効率的な意志決定アルゴリズムを含む自動化システム及び歯の理想的仕上げ位置を自動的に決定する技術を開発する仕事が含まれている。さらに自動化された器具製作装置により効率的に製造できるという点で器具ジオメトリの数式

に到達する困難さも含まれている。さらに、従来技術には器具設計に従って個別化されたベスで器具を正確に製作する方法が無い。歯科矯正器具の自動化設計及び製作におけるもう一つの問題点は診断及び治療の基礎となる、診療及び臨床矯正歯科医の知識及び経験から永年にわたって引き出される、専門的に承認されたパラメータ及び診断基準を考慮した注文設計方式を設計することが困難な点である。

したがって、実用的で、信頼度が高く効率的な注文器具自動化設計及び製作方式、及び注文器具を提供して患者を治療する方法に対する大きなニーズが矯正歯科医の間にある。

発明の要約

本発明の主要な目的は実用的で、信頼度が高く効率的な注文器具自動化設計及び製作方式及び注文歯科矯正器具を自動的に設計しそれにより患者を治療する方法を提供することである。

診療矯正歯科医が高い信頼度で容易に使用することができしかも矯正歯科医が有する技能、知識及び経験を最善に利用することができる自動化注文歯科矯正器具設計及び製作方式を提供することが本発明の特別の目的である。矯正歯科医の治療精度を高め、矯正歯科医の時間の使用をより効率的とし、矯正歯科医による患者の治療から誤りや当て推量の元を解消し、歯科矯正治療の診断、処方及び実施及び歯科矯正器具の設計製作における多くのルーチンステップを効率的に、繰り返し高い信頼度で自動的に実施することも本発明の目的である。

開業医が患者の最適仕上げ処置を行い患者の歯の仕上げ配置をより正確に決定して精密に達成するのを助けることにより矯正歯科医の診療を改善することも本発明の目的である。本発明のもう一つの目的は個別の患者からのデータを累積して分析し歯科矯正技術を進展させることである。

個別の開業医の運用規模その他の細目に従って注文器具の設計及び製作に伴うタスクを矯正歯科医と器具製作施設間で最も効率的に配分することが本発明のもう一つの目的である。

本発明に従って患者の歯を患者の口内の好ましい仕上げ位置に配置する注文歯科矯正器具の製作方法は患者の口から解剖学的形状を測定し、そこから患者の個

個の歯の形状を表す3次元歯形状データを含むデジタル化された解剖学的形状データを生成し、少なくとも一部デジタル化された解剖学的形状に依存するデジタル化された数学的弓形モデルを作り出すようにプログラムされたデジタルコンピュータによりデジタル化された解剖学的形状データを処理することにより理想的な歯列弓形を引き出し、コンピュータによりデジタル化された解剖学的形状データ及びデジタル化された数学的弓形モデルから歯の仕上げ位置を引き出して理想的歯列弓に沿って歯を近遠心的に配置しかつ理想的歯列弓に対して少なくとも部分的に個別の各歯の3次元歯形状データに基づいた位置及び方位に配置し、複数の各歯に器具接続点を確立し、注文歯科矯正器具が仕上げ位置における歯との各接続点において歯を相互接続するような寸法とされた器具構成を有するようにデジタル化された3次元歯形状データ、確立された器具接続点及び引き出された歯仕上げ位置からコンピュータにより注文歯科矯正器具を設計し、器具設計ステップの結果と相関された幾何学的情報を含む機械読取り可能な制御信号を発生し、機械読取り可能な制御信号に応答して機械により注文歯科矯正器具を自動的に製作し制御信号に含まれる幾何学的情報に従って器具を整形して設計された器具構成を有する注文歯科矯正器具を形成する、ステップからなっている。本発明による注文歯科矯正器具製作装置は患者の口から解剖学的形状を測定して患者の個々の歯の形状を表す3次元歯形状データを含むデジタル化された解剖学的形状データを発生する手段と、特別にプログラムされたデジタルコンピュータによりデジタル化されたデータから理想的歯列弓を引き出してデジタル化された解剖学的形状データに少なくとも部分的に依存するデジタル化された歯列弓モデルを作り出し、デジタル化されたデータ及び引き出されたデジタル化歯列弓から歯仕上げ位置を引き出し、引き出された理想的歯列弓に沿って近遠心的に歯を配置し引き出された理想的歯列弓に対して少なくとも部分的に複数の各歯の接続点に対する3次元歯形状データに基づいた位置及び方位に歯を配置し、デジタル化された歯形状データ、確立された器具接続点及び引き出された歯仕上げ位置から器具構成を設計してそれにより製作される注文器具は引き出された歯仕上げ位置における歯との接続点において歯と相互接続されるような寸法とされ、設計された器具構成と相関する幾何学的情報を含む機械コードを発生するプログラム手段を含むデ

デジタルコンピュータと、機械コードにตอบสนองして注文歯科矯正器具を自動的に製作し幾何学的情報に従って器具を整形して設計された器具構成の器具を形成する機械を具備している。

本方式及び方法は個別の患者の解剖学的構造の周りに歯科矯正器具を設計することにより従来の設計及び製作とは違っている。さらに、平均的な解剖学的構造に対して設計製作される現在の歯科矯正製品と異なり、本発明の歯科矯正製品及びそれらの製品及び使用方法是患者の個別の解剖学的構造に適応されている。

本発明の実施例により、患者の口の解剖学的形状のデジタル化された情報から患者の歯の仕上げ位置が引き出され、デジタル化された形状情報及び引き出された歯仕上げ位置から歯科矯正器具が自動的に設計され、歯科矯正器具を製造する機械コードが発生されてNC機械へ送られ、機械コードにตอบสนองして機械により器具が自動的に製品される、コンピュータ化された方式及び方法が提供される。

本発明の実施例により、患者の口からの測定値からデジタル化された情報が生成され、それは直接口からもしくはそのモデルから取り出され、好ましくは患者の個々の歯及び患者の下顎の形状の情報を含んでいる。

実施例では、仕上げ歯位置を引き出すことは好ましくは下顎の形状により規定される骨格弓形と一致する一つ以上の弓形を引き出すことを含んでいる。器具はまた引き出される弓形、好ましくは下顎の溝と一致するサイズ及び形状を有する下顎骨格弓形、の形状に従って構成される。実施例では、個々の歯及び下顎骨格弓形の形状情報を使用して付加弓形が構成され下顎歯の頬側咬頭及び切端先端、上部後方端歯の辺縁隆線、及び上部前歯の咬合の舌側点の位置を規定して好ましい治療プランに従って歯が配置される。

本発明のある実施例では、患者の個々の歯の測定値によりデジタル化されたデータが取り出されデータは非常に好ましい仕上げ歯位置へ有効かつ効率的に到達するためのキーとなるあるランドマークへ変形される。個別の歯は引き出されたさまざまな弓形上に配置され隣接する歯の近心及び遠心接触点は接触している。各歯の両接触点間の間隔は好ましくは患者の歯の平面図内に形成されるコンピュータ化画像から抽出される。さらに、例えばブラケットを取り付けることにより器具を接続し反対側顎の歯と咬合する歯の切端先端、辺縁隆線周、歯肉接触点及

び外部表面の相対位置は歯冠の表面の垂直プロファイルをデジタル化して決定される。このデータは歯の歯冠軸を規定する歯肉中心点等の下顎との下顎歯の接触点及び歯の仕上げ位置の計算において単純で信頼度の高いアルゴリズムにより操作するように修正可能な他のパラメータを規定するように変形される。ランドマークは精密な仕上げ歯位置のコンピュータ援用計算に基づいた正確さで弓拡張治療を処方する基盤を提供する咬頭間及び隆線間間隔測定値も含んでいる。さらに、歯冠長軸傾斜角を保存し本発明により統計的に改善される種値に従って母集団群に対して好ましい歯冠傾斜角に歯を設定することにより従来の歯科矯正診療に較べて歯位置計算が改善される。

ある実施例では、画像をデジタル化して歯及び顎形状データが得られる。好ましくは、画像はスキャナーを含みそれは、一形式において、ビデオ画像を発生しそこから選定点がデジタル化されて仕上げ歯位置決め及び器具設計を実施するデータが生成される。あるいは、レーザーその他のスキャナーにより患者の歯及び顎の3次元イメージングを行って患者の歯及び顎の完全な3次元画像が形成される。画像は患者の歯及び顎もしくはそのモデルから形成することができる。他のスキャナーにより発生される3次元画像をコンピュータによりトレースするか、あるいは患者の個々の歯もしくはそのモデルを機械的接点プローブもしくは非接触プローブにより走査することにより、患者の歯の垂直プロファイルを取り出して付加データがデジタル化される。データはCAT走査、MRI、ポジトロン放射トモグラフィーその他の技術を使用して患者から直接取り出すことができる。

また本発明のある実施例では、仕上げ歯位置決めには測定及び統計的解剖学的データから厳密な計算を行って犬歯隆起の診断基準を確立し犬歯及び他の歯の高さを互いに相対的に調整出来るようにして顎を適切な咬合位へ案内するように歯を配置することができる。本発明により、犬歯の隆起に対する数値関係が与えられそれは従来技術に対する改善となる。

本発明のある実施例では、NCコードに応答する弧線形成機械が患者の口の解剖学的形状の入力データを読み取るコンピュータから発生される信号により駆動され、弓状器具により3次元の各々に加えられる回転及び平行移動力により歯と相互接続して歯を仕上げ位置へ向けて動かす弓状器具が自動的に形成される。一

般的に、弓状器具は弧線であり、器具を形成する機械はNCコードに応答し患者の口、好ましくは患者の顎及び歯、の解剖学的形状の入力データを読み取るコンピュータが発生する信号により駆動され、歯を計算された仕上げ位置へ動かす歯仕上げ位置及び弧線及びブラケット設計を引き出し、設計に従って弧線を発生する機械コードを発生する弧線形成機械を含んでいる。好ましくは、弧線は仕上げ歯位置、特に患者の下顎の形状、に関連する弓形と一致する形状を有し、各々がセグメントの長さにわたって一定曲率半径の連続弧線の一連のセグメントとして表され、好ましくは隣接セグメントを滑らかな遷移で接合部において接触するセグメントへ接合する。

さらに本発明のある実施例では、やはりNCコードに応答するブラケット製作機械がコンピュータ発生仕上げ歯位置計算及びデジタル化された歯形状データに応答するコンピュータからの同様な信号により駆動される。好ましくは、ブラケットは歯の上のコンピュータ決定位置に載置されるベース及びコンピュータ決定角度で傾斜する弧線を受け入れる溝を有している。ブラケットの製作にはブラケットのベース載置面に勾配及び／もしくは湾曲を形成することを含むことができ、あるいは実施例のように、ブラケットに注文溝を切り込むことができる。実施例では、弧線及びブラケットの設計製作は弧線の湾曲を最適化して曲率変化を最適化するような相互関係とされブラケットはそのプロフィール、すなわちベースから弧線溝までの距離、を最小限に抑えるように最適化される。計算により最適化された器具設計に対する適切なブラケットブランクを選定する基盤が提供される。

さらに本発明の他の特徴により、入力データ及び、歯にブラケットを取り付ける場合のように、歯に器具を接続する点を定めるための、好ましくはコンピュータにより決定される、計算された歯位置から一つ以上の配置具が製作される。好ましくは、配置具はブラケットを歯に対して位置決めして保持するための1組のブラケット配置治具、歯に取り付ける各ブラケットに1個ずつ、を含み精密な取付位置に固定することができる。実施例の治具は歯プロフィールすなわち3次元表面を有しそれは歯に嵌合して治具を歯の上に精密に配置しブラケットをその上に精密な位置及び傾斜で保持して接着剤により歯へ固定できるようにされる。

本発明により、注文歯科矯正器具は患者の歯及び／もしくは顎あるいはそのモデルから取られるデータから直接コンピュータの制御の元で製作される。このように形成される器具は、患者の歯に接続されると、治療の途中で矯正歯科医が弧線を曲げる必要なしに患者の歯を精密に計算された仕上げ位置へ動かす。その結果、矯正歯科医の時間が保存され、従来技術の処置に較べて患者の治療は短い時間で行われ歯の仕上げ位置はより理想的位置に近づき、それは不変的なものとなる。さらに、器具製作工程により歯科矯正の診療を改善する治療技術及び診断基準を確立するのに有用なデータが生成される。

さらに、本発明により計算される仕上げ位置へ歯を動かすことにより歯科矯正治療が終わった後でしばしば歯が低い位置へ動くことがある従来技術の他の方法に較べて遥かに安定した配置が行われる。

本発明のこれら及びその他の目的及び利点は下記の図面の詳細説明から明らかとなり、ここに、

図面の簡単な説明

第1図－第1F図は本発明の方式の実施例を示す線図であって、

第1図は本発明の原理に従った患者の治療に使う注文歯科矯正器具の自動化設計及び製作方式の一実施例を示すブロック図。

第1A図は第1図の方式のスキヤナーの実施例のデータ入力部の実施例を形成するビデオグラフィック画像の立面図。

第1B図は第1図の方式のスキヤナーの3次元グラフィックイメージング実施例のラスタースキヤナー部の立面図。

第1C図は第1図の方式のスキヤナーの一実施例の2次元イメージング部の機械的歯プロフィールプローブスキヤナー部の立面図。

第1D図は第1図の方式のブラケット切断装置の一実施例の等測図。

第1E図は第1図の方式のワイヤ形成装置の一実施例の等測図。

第1F図は第1図の方式のブラケット配置治具形成装置の等測図。

第2図－第2D図は本発明を実施する好ましい方法のフロー図であって、

第2図は第1図の方式により実施される本発明のプロセスの一実施例のフロー

図。

第2A図は第2図のプロセスの自動化歯位置決め及び器具設計製作オペレーションの入力手順のステップを示す詳細フロー図。

第2B図は第2図のプロセスの自動化歯位置決め及び器具設計製作オペレーションの分析及び歯仕上げ位置計算手順のステップを示す詳細フロー図。

第2C図は第2図のプロセスの自動化器具設計製作オペレーションの注文器具設計手順のステップを示す詳細フロー図。

第2D図は第2図のプロセスの自動化歯位置決め及び器具設計製作オペレーションの注文器具製作手順のステップを示す詳細フロー図。

第3図－第3C図は入力手順において発生されるグラフィックコンピュータ画像を示す図であって、

第3図は第1A図に示すスキャナーが発生する下顎モデルの平面図を示す第1図の方式のスキャナーが発生するビデオ画像のコンピュータディスプレイの例。

第3A図は第1B図に示すスキャナーが発生する3次元デジタル画像の一部の斜視図。

第3B図は第1B図に示すスキャナーが発生する3次元デジタル画像の別の部分の第3A図と同様な図。

第3C図は第1C図に示すスキャナーが発生する1組の垂直歯プロファイル画像の例。

第4図－第4E図は第2B図の歯位置計算手順のさまざまな段階における歯配置弓形上の患者の歯の平面図であって、

第4図はそこにマークされた下顎ビデオ画像からのデータのデジタル化に関連する変数により、テンプレートとして使用される第3図のビデオ画像を線図で示す水平平面図データ入力画面を示す幾何学的線図。

第4A図は上顎歯に対する第4図と同様な幾何学的線図。

第4B図は第2B図の分析手順により計算される水平下顎弓形を描く幾何学的線図。

第4C図は第2B図の分析手順により計算される水平上顎弓形を描く幾何学的

線図。

第4 D図は仕上げ位置における上顎歯を示す水平平面線図。

第4 E図は注文器具を配置した仕上げ位置における下顎歯を示す水平平面線図。
。

第5図ー第5 P図はスプライン円変換及び第2 W図の歯配置ルーチンに関して参照する数学計算線図であって、

第5図は円セグメント形式で記述される弓形方程式上の歯の配置を示す水平平面図。

第5 A図ー第5 J図はスプライン円変換及び歯配置サブルーチンの詳細図。

第5 K図ー第5 P図は歯配置サブルーチンの詳細図。

第6図ー第6 I図はランドマーク決定、歯傾斜及び垂直位置決めを示す歯プロフィールであって、

第6図は別の垂直口唇ー舌プロフィール面及び歯プロフィールの位置を示す大白歯の第2 B図と同様な3次元コンピュータ化表現の等測図。

第6 A図は選定ランドマークパラメータを示す下顎大白歯の第1図の方式のコンピュータ画面上に示される数学的歯プロフィール図。

第6 B図は選定ランドマークパラメータを示す下顎犬歯もしくは切歯の第6 A図と同様な数学的歯プロフィール図。

第6 C図は選定ランドマークパラメータを示す上顎大白歯もしくは小白歯の第6 A図と同様な数学的歯プロフィール図。

第6 D図はそこに関連する選定ランドマークパラメータを示す上顎犬歯もしくは切歯の第6 A図と同様な数学的歯プロフィール図。

第6 E図はその上にランドマークパラメータがマークされている角方位の全ての歯の数学的歯プロフィール図アレイの第3 C図と同様なディスプレイを示す図。
。

第6 F図はその上に作用水平配置面がマークされている下顎歯の第6 E図の一部と同様な数学的歯プロフィール図アレイのディスプレイを示す図。

第6 G図はその上に歯の配置に対する関連する寸法上の変数がマークされた下

顎後方歯の第6 A図と同様な数学的歯プロフィール図。

第6 H図はその上に歯の配置に対する関連する寸法上の変数がマークされた下顎前歯の第6 B図と同様な数学的歯プロフィール図。

第6 I図は最も高い下顎歯の第6 H図と同様な数学的歯プロフィール図。

第7図ー第7 D図は仕上げ歯位置計算に関連する参照図であって、

第7図は犬歯隆起咬合計算を示す患者の顎の関係の立面図であって、

第7 A図は第7図の部分拡大図。

第7 B図は下顎オフセット弓上のある歯配置数学を示す数学的平面図。

第7 C図は歯仕上げ位置計算途中における垂直歯プロフィール面及び関連する水平弓面の関係を示す斜視図。

第7 D図は歯仕上げ位置計算途中における咬合及び重畳関係を示す下顎及び上顎歯の1組の関連する立面図。

第8図ー第8 H図は注文器具設計手順のステップに関連する参照図であって、

第8図は配置された歯の弧線面及びブラケット溝設計を示す第7 D図と同様な図。

第8 A図は第8図に関連するブラケット及び溝構成を示す立面図。

第8 B図は第2 W図の配置ルーチンによる弓形に対する歯の関係を示す平面図。

第8 C図は溝出し入れ寸法計算を示す歯プロフィール図。

第8 D図は注文配置治具を使用した歯への注文ブラケットの配置を示す斜視図。

第8 E図は第4 E図に示す仕上げ位置へ下顎歯を動かすのに必要な器具の注文弧線の平面図。

第8 F図は初期状態における患者の歯の上の口唇側に取り付けた器具を示す平面図。

第8 G図は患者の歯に取り付けた舌側器具を示す第8 F図と同様な平面図。

第8 H図は第8 G図の器具の歯科矯正舌側ブラケットを示す立面図。

第8 I図は内部に支持された弧線と一致するベース溝湾曲を有するブラケット

の平面図。

第9図ー第9W図は器具製作ステップに関連する図であって、

第9図ー第9H図はブラケット溝切りコード発生及びブラケット製作ステップのサブステップに関連する図。

第9I図ー第9W図はブラケット配置治具製作ステップのサブステップに関連する図。

図面の詳細な説明

システム10の全体構成を第1図に線図で示す。発明の好ましい方法の全体動作を第2図のフロー図に示し、矯正歯科医のオフィスにおいて矯正歯科医により

患者の診察が行われ患者の状態を決定し、適切な処置を処方し、治療を行うための歯科矯正器具の種別を指定するための情報が集められる。この情報は遠隔地にある器具設計製作施設へ送られそこで治療の管理に使用する注文器具の設計がコンピュータ分析により実施される。次に器具設計は矯正歯科医が患者に器具を取り付けるのに必要な情報と共に矯正歯科医へ送られ、器具製作者の指示及び本人の専門的技術により器具が取り付けられて治療が管理される。

システム構成

第1図のシステム図を参照して、歯科矯正器具製作及び患者治療システム10を示す。システム構成要素は2つの位置、医師のオフィス11、及び器具設計製作施設13、へ分散される。医師のオフィス11において、歯科矯正治療を要する患者12は矯正歯科医14により診察され、患者の状態及び必要な場合の治療が診断15される。診察には従来の矯正歯科医14の技能、知識及び専門的技術が適用され、患者の口18の解剖学的構造及び状態、提示される治療、及び歯科矯正器具の製作に必要な他の情報の詳細記録16が準備される。

矯正歯科医により準備される記録16には患者の口18のモデルからの身体的モデル20が含まれ、それには患者の下顎22の下顎モデル21及び患者の上顎24の上顎モデル23が含まれている。記録16には処方箋27も含まれそこには矯正歯科医が患者に適用する治療及び治療によって得られる結果を記載する。処方箋27には治療に含まれる技術の明細事項及び使用する歯科矯正器具の指定

をふくむことができる。記録16にはさらに識別情報17及び患者の病歴情報19が含まれている。

実施例では、記録16は器具製作施設13へ送られ、そこで歯の仕上げ位置が計算され注文器具25が設計製作される。施設13には一人以上の訓練されたオペレータ28がいる。ある実施例では、身体的モデル20自体が情報16として施設13へ送られる。このような場合、オペレータ28の一つの主要な機能は記録16からコンピュータ30aへデジタル情報26を入力することである。もう一つの機能は同じかもしくは別のコンピュータ30bを作動させて注文器具25を設計し、かつ同じかもしくは別のコンピュータ30cにより制御されるNC装置38を作動させて器具25を製作することである。入力を行う所では、設計及び製作は器具施設13で行われ、コンピュータ30a、30b及び30cは同じコンピュータ30とすることができる。

別の実施例では、矯正歯科医14はモデル20からのデータをデジタル化し、その場合入力コンピュータ30は矯正歯科医14のオフィス11に配置される。これらの実施例では、身体的モデル20ではなくデジタル化された情報26が器具施設13へ送られる。それでも好ましくは分析及び器具設計コンピュータは器具施設13へ置かれる。

入力コンピュータ30への情報の入力には情報26をデジタル化して分析コンピュータ30bによる分析のための機械読取り可能なデジタル化された解剖学的情報26を発生することが含まれる。したがって、入力コンピュータ30はスキャナ33に接続され、それは別の実施例では、1台以上のビデオカメラ、機械的プローブ、レーザースキャナ、超音波スキャナ、モアレイメージスキャナもしくは他の形状のイメージングもしくは測定ハードウェアを使用した装置を含みそれは単独、もしくは他のこのような構成要素と組み合わせて、患者の歯及び顎を記述する解剖学的幾何学情報を発生する。画像は3次元とするかもしくは複数の面もしくは他の表面に沿って作成して最後に組み合わせて3次元情報を提供することができる。

実施例のスキャナ33からの組合せ情報により患者の歯の3次元分析の基礎

が提供されそこから仕上げ歯位置の計算を行うことができる。最終位置計算及び歯の解剖学的構造データから、注文歯科矯正器具25の自動設計製作が行われる。実施例では、データはコンピュータ30内の複数の方位の異なる2次元面にイメージングされ、次にコンピュータ30bにより数学的に処理され結合されて歯位置決め及び器具設計問題の3次元解を構成する。

スキャナ33が独立した専用入力コンピュータ30に接続されている構成がここに記載されており、入力コンピュータ30の等価機能をスキャナ33自体の内部回路に含めることができる。

好ましくは、デジタル入力プロセスは対話型方法を利用しそれによりオペレータ28は位置入力装置及びデジタイザーを使用してスキャナ33が生成するグラフィックイメージから特に有用な歯科矯正パラメータを入力コンピュータ30

に接続されたディスプレイの画面35上で選定することができる。

患者12の口18から直接引き出すこともできる、モデル20からのデジタル化された解剖学的情報26の抽出のいくつかもしくは全てが矯正歯科医のオフィス11において矯正歯科医14によって行われ、情報26は矯正歯科医14によりデジタル化され情報16の一部として器具設計センター13へ送られる。好ましくは、情報16は矯正歯科医のオフィス11から器具施設13へモデムを介して送られるが、任意他の方法で送ることもできる。

好ましくは器具設計施設13にある分析及び設計コンピュータ30bは患者14の分析及び病歴及び処方治療の全関連情報が書き込まれフォーマット化されたアーカイブディスク34を発生する。

器具施設13のコンピュータ30bはデジタル化された情報26に基づいて患者の歯の最終位置及び患者の歯をこの最終位置へ動かすのに必要な器具25の構成を計算する。その結果、患者に対して計算された情報は患者データファイル36に記憶される。計算からコンピュータ30cはNC製作装置38を作動させるためのCNC機械読取り可能コード42を発生して器具25を製造する。矯正歯科医14が注文器具25により患者14を処置するのを助ける情報のインストラクションドキュメントすなわちファイル37もコンピュータ30bもしくは30

cにより作られる。

製作装置38は器具ブラケット切断すなわち形成機械39を含みそれは一般的な溝無しブラケットに計算された角度で計算された深さまで溝を切ることにより器具25の注文ブラケットを製造する。機械39はブラケットベースの表面も形成することができる。これにより、さまざまなブラケット材料に対して最善の、ブラケット溝もしくはベースにより歯にトルクを与えるブラケット設計上のオプションが提供される。

装置38は器具弧線湾曲すなわち形成機械40も含みそれは利用できるいくつかの材料の任意の一つの材料のワイヤを供給及び湾曲して注文弧線形状へ固めることにより器具25の注文形状弧線を製造する。装置38はまた患者治療構成要素及びハードウェアを形成して器具25の製作や取付けを助ける機械も含んでいる。実施例では、これにはブラケット配置治具を作る機械41が含まれそれは、

配置されたブラケットの重畳されたカットアウトと共に、歯プロフィールの各歯冠部を切断して歯の上の計算された位置に正確に注文ブラケットを取り付けるためのプラスチック形状とする。

器具製作機械38は分析コンピュータ30bに直接接続することができあるいは1台以上を独立した製作装制御コンピュータもしくは機械コントローラ30cに接続することができる。コンピュータ30cは器具施設13に配置するかあるいは、1台以上の器具製作機械38、40、41と共に、矯正歯科医のオフィス11に配置することができる。一実施例では、1台の製作コンピュータ30c及びブラケット切断機械40が、スキャナ33及び入力コンピュータ30と共に、矯正歯科医のオフィスに配置されそれは製作コンピュータ30cと同じコンピュータとすることができ、別の製作中央コンピュータ30cは分析コンピュータ30bとすることができ、ワイヤ湾曲機械40及び治具形成機械41は器具施設13に配置される。コンピュータ30、30b、30c及びスキャナ33及び器具製作機械38、40、41の最適分散は矯正歯科医の診療規模及び好みによって決まる。実施例では、コンピュータ30、30bは、それぞれ、80387もしくは80487マスコプロセッサを備えたインテル80386もしくは804

86 マイクロプロセッサを有する IBM PC クローンである。

次に第1図のシステム10のある構成要素について詳細説明を行う。

走査アセンブリ33

下記の情報入力手順(82)のステップには患者12の口18の形状及びその中の個々の歯の形状に関するデータを、デジタル形式で分析するために、コンピュータ30へ入力することが含まれる。これらのステップでは、患者12の口18のデジタル化された画像及び測定データは好ましくはモデル20から直接取り出されデジタル化されて患者の口18の3次元数学モデルが形成される。実施例では、数学モデルには患者の下顎及び個々の歯のあるパラメータの定義が含まれ、かつ治療の程度を評価するための患者12の口18の中の歯の初期位置及び方位に関する情報もある程度含むことができる。

ある実施例では、入力情報26は完全な3次元画像として入力され、次に各々が各表面の独立した X-Y 座標系で定義される複数の方位の異なる面内の複数の

曲線もしくは十分平坦な局面へ変形することにより単純化される。続く分析において、これらの面は歯の理想的仕上げ位置及び注文器具25の設計を引き出すために互いに方位を定められ、平行移動され再スケーリングされる。実施例では、患者12の顎及び歯の輪郭上の曲線及び点は容認されたすなわち一般的に適用可能な歯科矯正パラメータにより表現され手動及び自動意志決定を組み合わせ歯科矯正知識及び経験とコンピュータ分析の効率及び精度を調整して矯正歯科医の時間の使用を最小限に抑え、患者の治療期間を短縮して最終治療結果を最適化するようにされる。

次にさまざまな実施例のスキャナ33のさまざまな種類の構成要素について説明する。

ビデオ走査データ入力アセンブリ43

スキャナ33の一つの好ましい形式すなわち構成要素は第1A図に示すようにビデオイメージングアセンブリ43を含んでいる。ビデオイメージングアセンブリ43は1台以上のビデオカメラ44を含んでおりその各々が、好ましくはモデル20の画像を形式することにより患者の口18の2次元画像を発生する

。2組以上を一緒に使用すると、ビデオアセンブリー43は3次元に解像可能なステレオ画像を発生する。実施例では、1台のビデオカメラ44を使用して、それぞれモデル21もしくは23から、一般的には水平X-Y面である患者の下顎もしくは上顎22, 24の平面図2次元ビデオ画像が生成される。この実施例では、好ましくはスキャナー33の他の形式すなわち構成要素を使用して後記する3次元情報が生成される。

第1A図を参照して、器具製作者の施設13におけるビデオイメージングアセンブリー43の側面線図を示す。好ましい形式においてビデオイメージングアセンブリー43はオペレーターコンピュータグラフィックインターフェイスであり入力コンピュータ30内のビデオインターフェイスボード44aに接続されたビデオカメラ44を含んでいる。カメラ44はスタンド45に搭載され下向きとされて、第3図に下顎部21として示す、モデル20の半部分21, 23の一方の平面図をスタンド45のベース45aに取り付けられた水平支持体46上に形式する。モデル半部21もしくは23は支持体46上に配置され歯が上向きにカメラ44を向いてその先端が一般的にカメラ44から公知の一定距離に維持される水平面内にあって、カメラ44により形式される画像の縮尺が判るようにされる。これは支持体46をスプリング46aに載置してモデル半部21もしくは23を透明な水平板45bに対して上向きに属勢して行われる。

入力コンピュータ30には位置入力装置が接続されそれはマウス47aもしくは、図示するような、デジタイザーボード47付きマウスとすることができる。カメラ44はコンピュータ30の画面35上にグラフィックイメージディスプレイ48を生成し、オペレータ28は位置決めグリッドG(第4A図)を利用して揃えることができる。デジタイザー47により、オペレータはマウス47aによって画面35上でカーソル48aを位置決めすることにより点を選定する。各選定点について選定結果がX, Y座標データの記憶装置に記憶される。下記のプロセスの説明において、選定点は歯の下顎モデル21からの予め選定された境界点に対応する。これらの平面図境界点から、歯及び下顎寸法が計算される。計算された寸法は分析ステップにおいて下顎骨構造すなわち下顎溝MTの方程式を計算

し溝方程式と計算された水平寸法と個々の歯の特徴の相対位置から歯の仕上げ位置を計算するのに使用される。

ビデオイメージディスプレイ48から点を選定する替わりに、レーザースキャナー、モアレ干渉縞スキャナー、超音波スキャナー、サーボビデオカメラ、その他の3次元イメージング装置により形成される画像等の歯及び顎のデジタル化された3次元コンピュータ画像の平面図ビデオ画像から同じ点を同様に選定することができる。レーザースキャナーにより作られるこのような3次元コンピュータ画像の断面ディスプレイ55a, 55bを、それぞれ、第3A図及び第3B図に斜視図として示す。このようなスキャナーについては第1B図について後記する。

レーザ-3次元画像入力アセンブリ51

スキャナー33の一つの好ましい形式すなわち構成要素は第1B図に示すレーザ-発生3次元画像形成アセンブリ50である。第1B図を参照して、モデル20の一方の半部21, 23はレーザ-52がモデル21もしくは22へレーザ-ビーム52を向ける間支持体51に載置される。レーザ-ビーム52は反射され

てセンサー53により検出されそれは三角測量法を使用してセンサー上の位置の変化をアセンブリ50とモデル21もしくは23間の距離の変化へ変換し支持体54上をモデル21もしくは23に対して平行移動するように載置されてレーザ-ビームによりモデルを走査する光電ピクセルアレイにより構成されている。このようにレーザ-技術を使用して画像を生成する装置は市販されており製作物その他の対象のコンピュータ化された3次元表現を形成する。この目的に適した装置の例はミネソタ州、ミネアポリス、のCyber Optics社製Cyber Scan™測定システムである。好ましくはこのような装置により形成される画像は、歯を元の位置として、モデル20から取り出した患者の下顎及び上顎22, 24の完全な詳細3次元画像データを含んでいる。データは前記した装置により標準ASCIIファイルに書き込まれ入力コンピュータ30aによりデジタル化された情報ファイル26へ読み取ることができる。

第3A図及び第3B図にデジタル化された下顎モデルの2部分が示されており

、患者12の前下顎切歯 T_{BR1} 及び T_{BL1} を示す部分55a及び患者12の右下顎第2両尖 T_{BR5} 及び第1大臼歯 T_{BR6} を示す部分55bである。このような画像が水平平面図へ回転すると、第1A図のビデオイメージャー43から得られるのと同じ情報を引き出すことができ、そこから点を選定してソフトウェア、もしくはビデオスキャナー43によるオペレータ／コンピュータ対話型プロセスにより、自動的にデジタル化される。3次元画像55は他の方位に回転して後記する機械スキャナー57により引き出される垂直歯プロファイル情報等のさまざまな面における他の情報を引き出すことができる。さらに、他のコンピュータ化された手順を使用してオペレータの介入や対話によるかもしくはよらないで3次元画像から自動的に情報を引き出すことができる。

機械的プローブデジタルスキャナーアセンブリ57

スキャナーはまた、替わりにもしくは第1A図のビデオスキャナーアセンブリ43や第1B図のレーザー走査アセンブリと組み合わせて、第1C図に示す機械的プローブアセンブリ57を含むことができる。実施例では、この全体アセンブリ57はビデオスキャナー43と組み合わせて使用してモデル20から患者の個々の歯の口唇－舌垂直プロファイルを引き出しモデル20からビデオスキャナー

43により生成されるビデオ画像から引き出される顎及び水平歯寸法及び形状情報が補足される。また、このアセンブリの一部を使用してレーザー走査アセンブリ50等の装置により生成される3次元画像55から同じ情報を生成することができる。

第1C図を参照して、プローブアセンブリ57はモデル21の個々の歯の上を移動して電気信号を発生する測定プローブ60を含み、電気信号はデジタル化されて各歯の別々の $X-Y$ における歯表面の点位置やプロファイルのコンピュータ入力とされる。本発明のプロセスの実施例では、好ましくはモデル21から引き出される情報26は近心から遠心方向に向かって見た口唇－舌面における歯プロファイル曲線 PFI を含んでいる。

プローブアセンブリ57はさらにモデル20を載置する磁気ベース59を含み、そこからプローブ60を載置するまっすぐな垂直支持体58が延びている。プ

プローブ先端60aはそれが存在する垂直軸周りに自由に回転することができ、プローブ自体はかぎ形に曲げられていて先端がモデル20の歯の表面の窪みを追跡することができる。プローブ60は支持体58に載置されて好ましくは支持体58及びプローブ60を通る垂直面内のX及びY方向に移動する。このようにして、プローブ先端60aはこの面に沿ってモデル21の歯の表面を走査するように配置される。プローブ60は一对の直交位置トランスジューサ61を介して支持体58に連結されており、それらはX-Y直交座標の各座標に沿ったプローブ60の先端位置の電氣的アナログ測定値を発生する。トランスジューサ61の出力はプローブ先端位置のトランスジューサ測定値の一連の周期的読取値を発生する回路に接続されそれは次にデジタル化される。これらの出力は入力コンピュータ30に接続されたアナログ線61aを介して、好ましくはそのシリアルポートへ送られる。

使用に際して、モデル20の半分、例えば下顎モデル21、はスチールサーベイヤマウント62上の磁気ベース59上に載置されそれは軽く付勢されるとベース59上をスライドするが、付勢されなければその場所を保持して精密な位置決めを行う。マウントは上げたり、下げたり傾けたり水平にすることができる。動作に関して、プローブ60はオペレータ28が手で動かすかもしくは自動的に動

かされてモデル21の選定された各歯の表面を走査し第3C図に示す各歯の一断面のプロフィール曲線PFを生成する。プロフィールPFはいくつかの市販のすぐ入手できるCAD/CAMやマサセッツ州、ベッドフォードのPrime Computers社から入手できるVERSACAD™等のイラストレーションソフトウェアパッケージにより生成することができる。ここのフロー図に記述されたコンピュータプログラムは、そのためのプログラミング言語である、CPL™のVERSACAD™で書かれている。プロフィールPFのビデオ画像63は画面35上に表示されデジタル化されたプロフィールは入力情報26の一部としてコンピュータ30の非揮発性メモリに記憶される。

プロフィールPF等の曲線がこのように形成されると、オペレータは位置入力装置47を使用して画面35に形成されたプロフィール上でカーソルを位置決め

することにより歯の点パラメータを選定することができ、したがってその座標をコンピュータ30へデジタル入力することができる。

器具製作装置38

本発明の実施例の製作装置38は下記のものを含んでいる。ブラケットベースを注文形成して歯に取り付けブラケット内に弧線溝を精密に計算された位置及び角度で切り込む器具ブラケット切込み形成機械置39、注文ブラケットと協同するような形状へ弧線を精密に湾曲して計算された仕上げ位置となるまで歯に修正力を加える器具弧線湾曲形成機械40、及びプロフィールPFに記録された患者の歯の輪郭に一致するブラケット配置治具を製作するブラケット配置治具形成機械41。これらの治具は注文ブラケットを歯の上の計算された位置へ精密に配置するのに矯正歯科医が使用する。

製作装置38はデジタル化入力情報ファイル26及び計算患者データファイル36からのデータに基づいてNCコンピュータ発生プログラムにより制御される。

ブラケット切込機械39

第1D図を参照して、ブラケット溝切込機械39を示す。機械39は静止ベース72を含みその上に一对の上向きに延びるワークピース支持ブラケット72aが固定されその頂部にワークピースすなわちブラケット支持体73が枢持されている。支持体上に、20個もしくは24個のブラケットのアセンブリもしくはカ

ートリッジとして予め準備された、注文器具25のフルセット80aのブラケット80が載置される。支持体73はブラケット72a間を延びる軸73aの周りを枢動する。軸73aには角位置決めモータ74が接続されそれは支持体73、及びそこに載置されたブラケット80、を水平に対して任意の角方位に位置決める。モータ74はNCコマンドコードに応答してブラケット設計の溝傾斜角に傾斜を設定するコンピュータ30に入力が接続されている。

鋸支持ブラケット72bもベース72に固定されてそこから上向きに延びている。支持ブラケット72bの頂部には鋸駆動モータ75及び1組3個の鋸刃位置決めリニアドライブアクチュエータ76があり、それはX-駆動アクチュエータ

76 x、Y駆動アクチュエータ76 y、Z駆動アクチュエータ76 zを含みそれらを介して鋸支持アーム77が支持されてそれぞれX、Y、Z方向、すなわちブラケットホルダー73の回転軸73 aに水平に直角なX方向、ワークピースホルダー73の回転軸73 aに水平に平行なY方向、及び垂直なZ方向、へ移動する。アクチュエータ76はコンピュータ30 cに接続された入力を有しコンピュータ30 cから位置決め信号を受信して注文器具設計に従って発生されるNCコマンドに応答して機械39のX-Y面に弓状溝を切り込む。

可動アーム77の遠隔端に、モータ75に駆動可能に連結された、溝カッターアセンブリー77 aがある。アセンブリー77 aから下向きに回転可能なカッター刃駆動軸77 bが延びており、その下端には円形溝カッター刃77 cが固定されている。刃77 cは水平X-Y面内にあり選定された弧線の厚さに必要な溝の厚さとされる。代表的に、弧線は矩形断面としてブラケットにトルクを加えられるようにされ、それは矩形断面の溝を有する鋸刃77 cにより与えられる。溝のベースは、コンピュータ30 cからのコマンド信号に従って、受け入れる弧線の最終曲線に接する機械39のX-Y面に角度をなして切り込まれる。溝のベースはワイヤの曲線を水平面内に収容するように凹面とされている。溝のベースはワイヤの曲線を水平面内に収容するように凹面とされている。ブラケット溝の傾斜はコンピュータ30 cからの制御信号に応答して支持体73の角度により達成される。コンピュータ30 cは回転の支持軸73 aからのブラケットのオフセットによるブラケット80の高さの変化を考慮するようにプログラムされている。

ワイヤ湾曲機械40

ワイヤ湾曲装置40を第1E図に線図で示す。装置40の主制御器は好ましくはマス(math)コプロセッサ付き80386もしくは80486マイクロプロセッサを備え、モーションコントローラボード65が取り付けられたIBM PCクローンである。コントローラボード65は、例えば、Motion Engineering社製MC300モーションコントローラ3軸カードである。MC300はMC-OLSステッパインターフェイス66 a、66 bに対して信号を送受信する専用モーションコントロールカードである。MC-OLSステッパモータインターフ

ェイス66a, 66bはモータの運動の速度及び方向に関する制御信号コマンドを、コンピュータS-ドライブステッパ電源#88-01148D等の、ステッパモータ電源67a, 67bへ送る。

電源67aの出力はワイヤガイド68aの両側に配置され連続コイル供給からの弧線69の供給を案内するワイヤフィードローラ68に接続されている。電源67bの出力はワイヤ湾曲ローラアセンブリすなわちワイヤアンビル70に接続されている。

コントローラ66bはさらにワイヤ形成ローラ70bの位置を監視する、Dynapar/Veeder Root#E1000A76500等の、ディスクエンコーダ70aからの距離に関する帰還信号を受信するようにされており、ワイヤ湾曲ローラ70bの閉ループ制御を行う。ローラはIndustrial Device社の電気シリンダー#X995A-2-M56-MT1-200-PS等のドライブスクリュー70dを介して、Compumotor #S/SX 57-102等の、ワイヤアンビルモータ70cにより駆動される。スクリュー70dによりモータ70cの角位置はローラ70bの線形運動へ変換されワイヤ69はガイド68aへ送られる時にローラ68により偏向及び湾曲される。

アンビル70及びワイヤフィード68を調整することにより、任意の平坦な形状の弧線68が製作される。ローラ68はワイヤを挟み、強制的にアンビル70へ進める。アンビル70のローラ70bは上下に動いて半径を変えワイヤを永久変形する半径を制御する。変曲点のある弧線が形成されるのは、両方向に湾曲があるためであり、ワイヤ69に対してアンビル70の反対側に第2のアンビルを

設けてそれと同期して制御する。

ワイヤ位置センサ71が設けられ成形ワイヤ64の幅を所望幅と比較することにより完成弧線を調べる。センサ71はアンビル70及びフィードローラ68に対して載置され成形サイクルの終わりに成形弧線64の位置を検出する。この測定により成形形状及び必要な過剰湾曲量に影響を及ぼす材料の特性変動を補償する帰還信号が与えられる。センサ71はワイヤ64が許容できるか過剰湾曲であるか不足湾曲であるかという情報をコンピュータ30cへ送る。ワイヤが過剰も

しくは不足湾曲されておれば、コンピュータ30cは必要な修正を計算しインターフェイス66a及び66bを介して信号を増分修正してセンサ71からの信号の結果を受け入れられるとコンピュータ30cが見なすまで連続する弧線64を漸進的に修正する。

ブラケット配置治具形成機械41

好ましくは、ブラケット治具形成装置41は第1F図のように構成された標準NCミルである。機械41は標準ミル81を含み、それは下向きに突出する回転具ヘッド81aを有しその上にエンドミルツール81bが搭載されておりその直径は0.559mm(0.022インチ)の弧線を使用する場合は例えば0.508mm(0.020インチ)であり、0.457mm(0.018インチ)の弧線の場合は例えば0.406mm(0.016インチ)である。

ミル81はコンピュータ30cが準備するCNCプログラムコード42がロードされていることがあるコントローラに接続されるかもしくはコンピュータ30cに直接接続される。ミル81にはツールサポート81cが設けられそれには通常20から24個の1組の円形ABSプラスチック治具ブランク83が、そのセット83aのマガジン81eを備えた、供給機構81dにより供給される。ツールヘッド81aは垂直に移動してコード42からのツールパス命令に従ってX-Y方向に水平にツール81bをブランク83接触させることができる。

一般的オペレーション及び手順

本発明の一つの好ましい方法は第2図のフロー図に示すオペレーション及び手順で表される。好ましくは、この方法には3つの一般的なオペレーションが含まれる。(85)矯正歯科医14が医師のオフィス11において患者12に実施す

る患者評価オペレーション、(87)好ましくは、少なくとも部分的に注文器具25を製造する器具施設13において実施されるコンピュータ援用分析及び器具設計製作オペレーション、及び(89)器具25を取り付けて使用する医師のオフィス11における矯正歯科医14による患者12の治療を含む患者治療オペレーション。

(85)患者評価オペレーション

第1図のシステム図及び第2図のフロー図を参照して、歯科矯正評価オペレーション(85)が医師のオフィス11で実施される。オペレーション(85)には患者12を診察する手順(90)、患者の口及び歯のモデル20を準備する手順(91)、矯正歯科医14による治療の処方手順(92)、及び器具施設13と連絡する手順(93)が含まれる。

診察手順(90)では歯科矯正処置を要する患者12は矯正歯科医14により診察され患者の状態及び必要であれば治療の診断15が行われる。診断15に基づいて、矯正歯科医すなわち医師14は処方された治療を行うのに必要な情報16を収集する。

情報16を収集する時に、矯正歯科医14(91)は診断15する時の初期条件における、通常は患者の口のモデルからの身体的モデル20である、患者の口18のモデルを準備する。モデル20には患者の下顎22の下顎モデル21及び患者の上顎24の上顎モデル23が含まれる。

次に、さらに診断15に基づいて、矯正歯科医14(92)は特定の治療を処方して有形記録形式の処方箋27を作る。

次に矯正歯科医14は(93)、例えば、モデル20、治療の処方箋27、医師14及び患者12を識別する情報17の記録を、患者12の統計的及び病歴データを含む情報19と共に送ることにより、遠隔地の器具設計施設13と情報16をやり取りする。器具設計施設13では、情報16がデジタル化されコンピュータ30へ送って分析される。

また、矯正歯科医14は情報16をコンピュータが読取り可能なデジタル形式へ変換してデジタル化された情報を器具設計施設13へ送ることができる。この場合、システム10は矯正歯科医のオフィス11にある入力コンピュータ30に

より構成することができ、矯正歯科医14やアシスタントが下記のデータ入力手順(94)の一部を実施することができる。

(87) 分析、設計及び製作オペレーション

例えば、モデル20、処方箋27及び情報17及び19を含む情報16が器具システム製作者13により受信されるかあるいは矯正歯科医のオフィス11でデ

デジタル化される準備が完了すると、(87)分析、仕上げ歯位置計算、及び歯科矯正器具設計製作オペレーションが開始される。オペレーション(87)において、情報16が処理され矯正歯科医14が処方する治療に従って患者の歯を最適最終すなわち仕上げ位置へ動かす注文器具25が製造される。

(94)入力手順

入力手順(90)を第2A図のフロー図に示す。手順(94)において、実施例では設計施設13におけるオペレータ28により、受信情報16がデジタル形式でコンピュータ30へ入力される。設計施設13におけるオペレータにより入力が実施される場合であっても、情報17、19等の情報16は矯正歯科医14が機械読取り可能な形式で直接コンピュータ30へ入力することができる。入力手順(94)には5つのステップ(100)－(500)が含まれ、そのサブステップが第2E図－第2I図の詳細フロー図に関して詳細説明される。実施例では、入力手順(90)のステップには分析ステップ(92)の機能の一部ではあるがコンピュータへ情報が入力される時に実施されるいくつかのステップも含まれている。

入力ステップ(100)及び(200)には矯正歯科医14が収集する背景情報の入力も含まれる。入力ステップ(300)、(400)、(500)において、歯及び顎位置及びプロフィールが後にコンピュータにより分析されて処方箋27含まれた歯科矯正知識、技能及び専門知識を最善に実施することができる歯科矯正パラメータ及びランドマーク、及び矯正歯科医の宣言により最適結果を効率的に自動生成しながら明確に定められる。

(95)分析及び歯位置決め手順

コンピュータ分析手順を第2B図のフロー図に示す。コンピュータ分析手順(95)では、入力手順(94)において入力されるデジタル化された情報を分

析して歯の仕上げ位置を計算し、注文器具25をコンピュータ化された設計手順(966)で設計してコンピュータ制御された製作手順(97)で製作できるようにされる。分析手順(955)には6つのステップ及びサブステップ(600)－(1100)が含まれ、サブステップについては第2J図－第2O図の詳細

フロー図に関して詳細に説明する。

これらのステップには下記のステップが含まれている。

(600) 歯の歯科矯正ランドマークが識別される歯科分析ステップ。

(700) 上下歯の咬合が明確に定められる犬歯隆起決定ステップ。

(800) 下顎歯面が明確に定められ下顎溝に対して歯が配置される下顎歯配置ステップ。

(900) 下顎弓に対する最良適合方程式が引き出される最良適合咬頭ステップ。

(1000) 最良適合弓方程式による配置とするように下顎歯の位置が計算される下顎歯配置ステップ。

(1100) 配置された下顎歯と咬合する上顎弓が引き出される上顎配置ステップ。

(96) 器具設計手順

第2C図のフロー図に示す器具設計手順(96)ではNC機械を作動させてブラケット及び弧線等の器具構成要素及び患者の歯の適切な位置にブラケットを取り付けるための配置治具を製造するためのNCコードへ変換ことができる形式で器具構成要素の寸法が計算される。器具設計手順(96)には次のステップ(1200)－(1800)が含まれる。

(1200) 下顎骨の歯に対する下顎歯の弧線面が明確に定められる下顎弧線面ステップ。

(1300) 器具の下顎歯ブラケットの溝角度が計算される下顎溝傾斜ステップ。

(1400) 上顎骨の歯に対する上顎歯の弧線面が明確に定められる上顎弧線面ステップ。

(1500) 器具の上顎歯ブラケットの溝角度が計算される上顎溝傾斜ステップ。

(1600) 下顎歯ブラケットに対する溝深さ及びブラケットジオメトリが計算される下顎弧線及びブラケット出し入れ寸法計算ステップ。

(1700) 上顎歯ブラケットに対する溝深さ及びブラケットジオメトリが計算される上顎弧線及びブラケット出し入れ寸法計算ステップ。

(1800) 患者の歯に注文設計ブラケットを適切に配置するのに使用する配置治具が設計されるブラケット配置治具設計ステップ。

(97) 器具製作手順

第2D図にフロー図で示す器具製作手順(97)には器具設計手順(96)において設計されるブラケット、弧線及びブラケット配置治具を製造するNC機械のコントローラコードを発生し、コードにより制御される機械を使用して器具構成要素を製作することが伴う。手順(97)には次のステップが含まれる。

(3000) ブラケット形成機械39を制御及び作動させて注文ブラケットを製造する。

(3200) ワイヤ湾曲機械40を制御及び作動させて注文弧線を製造する。

(3500) 治具形成機械41を制御及び作動させて患者の歯にブラケットを配置するための注文配置治具を製作する。

(98) 器具発送手順

一つの終局目的は患者12の口の中に器具25を適切に取り付けるのに必要な道具及び情報と共に注文歯科矯正器具25を矯正歯科医14の手に渡し患者の歯を計算された仕上げ位置へ動かして患者を治療することである。これは第1図を参照すればよく判る。

第1図を参照して、前記したように、好ましいシステム10の構成は矯正歯科医の診療の性質及び規模に応じて変化する。好ましくは、手順(87)の器具設計部分の全てもしくは大部分が器具設計施設13で行われ、大規模な歯科矯正クリニックの場合には全プロセスを患者治療位置で実施することができる。しかしながら、通常は設計コンピュータ30bにより実施される機能、すなわちコンピュータ30の設計部分、は製作制御コンピュータ30c及び器具製作装置38により実施されるいくつかの製作機能と共に、器具施設13において実施される。

器具25のいくつかもしくは全てが器具施設13で作られる図示する構成では

、注文器具25は矯正歯科医14へ送られる。器具25と共に設計コンピュータ30bから生成される情報37のハードコピープリントアウト形式のドキュメンテーションが送られ、それにはデータ26を構成する入力データ及び処方箋情報27のドキュメンテーション、及び製作コンピュータ30cにより記録されるパラメータのプリントアウトを含むことができる。

発送される器具25には第8E図及び第8F図に示す1組の弧線64、第8D図及び第8F図に示す完全な1組の注文ブラケット80、及び第8D図及び第9T図－第9W図に示す配置治具が含まれている。ブラケット80の溝80bを治具82の共平面溝84aと揃えるのに使用される1組のアダプター84が治具82と一緒に含まれている。したがって、器具及びブラケット配置治具は舌側器具の場合と同様となり、そのブラケットは第8G図の歯に示され舌側器具は第8H図の下顎歯の上に示されている。

さらに、注文弧線64が矯正歯科医14へ送られる。第8E図に示すように、これらの弧線には例えば第4D図の下歯の計算された仕上げ位置へ歯を動かすための正確な形状の弧線が含まれている。第4D図において、弧線64は器具25により患者の歯が計算された仕上げ位置へ動かされている場合の無応力状態（あるいは矯正歯科医が過剰修正を処方することがある公称残留応力がかかっている状態）で示されている。これは矯正歯科医14へ送られる第8E図の弧線と同じ形状である。この仕上げ弧線は歯の最終位置決めに対して適切に定められた材料及び剛性とされている。しかしながら、患者の歯の最初の誤位置決めの際密度に応じて、歯科矯正治療を開始するのにより剛性の低い弧線や仮の弧線が欲しくなることがある。したがって、第8E図に示す形状であってさまざまな性質を有する付加弧線64が矯正歯科医14に提供される。これらの付加弧線の他にもしくはそれに代わるものとして、第8E図に示す形状を有する実寸図すなわちテンプレートが矯正歯科医14に提供され予備治療や粗い位置決めのための弧線を形式することができる。

代わりの構成では、例えばディスク34もしくはモデムにより、機械読取り可能な形式の情報を設計コンピュータ30bから1台以上の器具構成要素製作

機械38が取り付けられている製作コンピュータ30cへ送ることができる。

(89) 患者治療オペレーション

患者の治療には、まず第8D図に示すように、各ブラケット80、治具82及びアダプター84の組合せを組み立て、患者の歯へブラケット80を取り付けることが含まれる。これにはブラケット80を取り付ける、口唇もしくは舌側の、歯の表面の一般的に中心領域に接着剤を塗布することが含まれる。これを第8D図に示し、ブラケット80は例えば上顎切歯T₁₁の舌側面に取り付けられる。アセンブリは、歯の歯冠軸C L Aを含むといえる面内で、歯のほぼ中心を通る一般的に垂直な口唇舌断面上に治具82の刃が配置されるように歯の上に配置される。

ブラケット接着剤が固まると、最初に近遠心的にアダプター84をスライドさせ次に歯の切端縁から治具82をスライドさせることによりブラケット配置治具82が取り外され、計算された位置にブラケットが残される。

次に、ブラケット80を歯に取り付けた状態で弧線64が取り付けられる。最初に取り付けられる弧線は最終弧線よりも剛性が低い場合が多い。第8F図の例では、第4図及び第4A図に示すような初期状態の下顎歯が示されている。ブラケット80は第4D図に示す計算された仕上げ位置と厳密に同じ位置で歯に配置される。歯はまだこの理想的仕上げ位置ではないため、弧線64は弧線溝に挿入されてブラケット80に繋げられると、応力を受けて第8F図に示す弾性変形状態となる。弧線64の応力を受けた状態により、矯正歯科医が巧妙にワイヤを曲げる必要なしに、歯に力を加えて第4D図の理想的位置に向かって付勢することができる。この力は歯が仕上げ位置へ動かされるまで継続的に加えられる。ワイヤ及びブラケットが歯を幾分過剰修正位置へ動かして器具25を取り外す際に歯の弛緩動作を行えるように設計される処方の治療もある。

器具分析、歯位置計算、及び器具設計製作オペレーション(87)の詳細ステップ

前記したように、分析、設計製作オペレーション(87)はコンピュータ化された注文設計器具製作オペレーションの(94)入力、(95)分析、(97)設計、(97)製作、及び(98)発送手順を含んでいる。

デジタル化入力手順(94)

デジタル化情報の入力には(100)患者及び医師識別情報の入力、(200)患者背景情報の入力、(300)下顎歯及び上顎骨の水平寸法のデジタル化情報の入力、(400)上顎歯の水平寸法の入力、及び(500)個々の歯の垂直口唇-舌プロフィール情報の入力、が含まれる。

(100) 識別情報入力ステップ

医師-患者識別情報17の入力にはコンピュータ30の端末においてテキスト入力のプロンプトに応答して医師名、患者の識別番号、及び患者名をオペレータ28が入力するサブステップがある。次にコンピュータ30は患者識別番号を割り当てる。この情報により、特定患者フロッピーディスクすなわちディスクセット34が自動的にフォーマット化される。

(200) 患者背景入力ステップ

患者背景情報19、及び医師が処方する治療情報27の入力には患者の年齢、性別及び人種を背景情報19から入力し、治療には抜歯が含まれるかまた含まれる場合にはどの歯であるか、咬合種別は群機能であるか犬歯隆起であるか、犬歯隆起である場合には平均ヘッドフィルムを使用するのか個別ヘッドフィルムを使用するのか、犬歯間距離は短いままとするのか伸びてもよいのか、伸びてもよい場合にはどれだけ伸びてもよいのか、咬合は断節するのか否か、スタイナー折衷は許されるのか否か、上側方でロス(Roth)もしくはリケット(Ricketts)インセットを使用するのかまたどちらを使用するのか、ロスもしくはアンドリュース(Andrews)上側方オーバーバイトは好ましい溝サイズを表示するのかまたどちらについて表示するのか、口唇側もしくは舌側器具のどちらで処置する症例であるか、対称性を使用して診断する症例であるか否か、あるいはAndrews Norm、Parallel Upper Central to Facial Axis Norm、もしくはRickett Normを使用してどのように切端間角度が決定されるか、といった沢山の選択プロンプトから選択を行うことが含まれる。

(300) 下顎骨デジタル化ビデオ入力ステップ

歯を含む患者の下顎のビデオもしくは他のグラフィック平面図画像の入力(3

00)を第3図に示し、第4図のような下顎の水平平面図からの患者12の下顎12の下顎歯の幅及び下顎骨のサイズ及び形状データをデジタル化して処理する

ことを含んでいる。患者の下歯の歯根は第4図の境界 B_L 及び B_R 間の空間として画定される下顎溝 MT 内に収納される。外側、すなわち頬側、及び内側、すなわち舌側、境界 B_R 及び B_L は、好ましくは、画面35上の下顎骨の皮質骨画像48からオペレータ28の対話型選定によりデジタル化される。さらに、下顎歯は互いに接触して弓状に配置されなければならない。それらは各々が隣接歯との近心及び遠心接触点間距離に等しい弓状部分を占有する。 X 、 Y 座標を定義するグリッド G が置かれ Y 軸は下顎22の正中線 ML とされ X 軸は、好ましくは中央下切歯の近心接触点に設定された、選定交差点すなわち原点 O 、 O を通る Y 軸に直角とされる。 $N_{X,Y}$ 、 M_X 及び M_Y 、及び $D_{X,Y}$ 、 D_X 及び D_Y の X 、 Y 座標から、(325)下顎骨22の両側における各歯 I の近心-遠心幅 MDW_I がピタゴラスの定理を使用して計算される。

$$MDW = \sqrt{(M_X + D_X)^2 + (M_Y + D_Y)^2}$$

ここに、 M_X は下顎 X 座標、 M_Y は下顎 Y 座標、 D_X は遠心 X 座標、 D_Y は遠心 Y 座標である。総弓長は MAL である。

グリッド G の線と下顎骨境界 B_R 、 B_L の選定交点から、下顎両側の頬骨のそれぞれ口唇及び舌側限界の直交座標 $La_{X,Y}$ 、 $Li_{X,Y}$ が生成され、各口唇-舌対 D_{LL} 間の骨幅距離として中点座標 $MP_{X,Y}$ が次のように算出される。

$$MP_X = La_X + \frac{Li_X - La_X}{2} ; MP_Y = La_Y + \frac{Li_Y - La_Y}{2}$$

$$DLL = \sqrt{(La_X + Li_X)^2 + (La_Y + Li_Y)^2}$$

個別の下顎歯幅 MDW の和は $MP_{X,Y}$ 点を通るように構成される下顎溝方程式 MT_E に含まれる総歯長すなわち下顎弓長 MAL に等しい。 MAL は弓周界と呼ばれる。

この段階において、(340)中点は代表的に右から左へ均分されて僅かな測

定誤差による非対称性が解消される。第4図に示す正中線 \underline{NL} はこのような対称性修正軸である。各点 $\underline{MP_{x,y}}$ に対する修正は次のように計算される。

$$S_x = MP_x + \frac{PR_x - PL_x}{2} ; S_y = MP_y + \frac{PR_y - PL_y}{2}$$

この対称化プロセスが完了すると、下顎溝のサイズ及び形状を記述する数学方程式 \underline{MTE} が点 $\underline{MP_{x,y}}$ に曲線を適合させて引き出される。好ましくは、この曲線は三次スプライン方程式等の一連の三次方程式を例えば平均化された中点 $\underline{S_{x,y}}$ 等の点を滑らかに通るように適合させて引き出される。好ましくは、次に三次方程式は中点における三次スプラインの勾配に等しい勾配の正接円方程式の一連のセグメントの形へ変換され、それは曲線に沿ったセグメント端点もしくはその交点における隣接円セグメントの勾配に等しい。二次方程式論により三次方程式を適合させるために、第5図に示すように2つの円 \underline{CS} 及び \underline{CL} を使用して中点間の \underline{MTE} の各セグメントが記述される。これにより正接円からなる滑らかな曲線で下顎溝を表すことができる。スプライン-円変換についてはルーチン (2100) に関して詳細に説明する。

第4図に示すように、右左の下顎犬歯咬頭先端 \underline{CR} 、 \underline{CL} に対する直交座標がそれぞれ入力される。次に2つの下顎犬歯の咬頭先端 \underline{CR} 、 \underline{CL} 間の距離 \underline{DCT} が計算される。

$$DCT = \sqrt{(CR_x + CL_x)^2 + (CR_y + CL_y)^2}$$

この情報は下顎犬歯間距離がどれだけ変えられるかを計算し、計算された最終位置は容認できるかを評価するのに使用される。同様に、下顎の第1大臼歯の直交座標すなわち右左の近心頬尖頭先端 \underline{MR} 、 \underline{ML} が計算され、これらの点間の距離 \underline{DMT} が計算される。

$$DMT = \sqrt{(MR_x + ML_x)^2 + (MR_y + ML_y)^2}$$

この情報は下顎の大臼歯間距離がどれだけ変えられるかを決めるのに使用される。

(400) 上顎デジタル化ビデオ入力ステップ

第4図に関して説明した下顎情報と同様に、第4A図に示す画像48aからの上顎24の上部モデル23からコンピュータ画像が作られる。左右の上顎第1大臼歯の中央溝の座標が入力される。次に、(435)中央溝間距離 \underline{DCF} が計算される。

$$DCF = \sqrt{(R_x + L_x)^2 + (R_y + L_y)^2}$$

この情報は歯の仕上げ位置が計算された後で下顎第1大臼歯の \underline{DMT} 間隔と一致するように再計算され、大臼歯間の幅が治療によりどれだけ変えられるかを示す指標としてこの初期測定値と比較される。

(500) デジタル化プローブ歯プロフィール入力ステップ

このステップでは、第3A図及び第3B図に示すようにモデル20もしくは患者の歯あるいはモデル20のデジタル化された3次元表現から各歯の選定プロフィールが生成される。実施例では、このステップで第1C図のプローブアセンブリ57が使用される。プロフィール面の選定を第6図に示し歯の中心を通る第1のプロフィール $\underline{PF_A}$ は最高歯冠点である頬尖頭先端を欠いて示されている。次に頬尖頭を含むようにプロフィール $\underline{PF_B}$ が選定され、プロフィールの稜は一般的に $\underline{PF_A}$ の低点と一致する。また、プロフィールは非平面状として両面の重要な特徴を取り出すことができる。このようにして、生成されるプロフィールは当該歯端の一面への投影に匹敵する。このようにして得られるプロフィール $\underline{PF_T}$ を第3C図に示す。

(95) 分析及び仕上げ歯位置計算手順

第2B図のフロー図に示すように、歯の仕上げ位置の計算には(600)歯の表面上の幾何学的ランドマークの相対位置を決定して歯の軸傾斜を確立し、(700)犬歯隆起を計算し、(800)下顎溝に関して下顎歯を垂直に初期位置決めし、(900)下顎歯の最良適合咬頭先端方程式を計算し、(1000)最良適合方程式により下顎歯の仕上げ位置を計算し、(1100)最良適合方程式に

関連する3つの弓上の上顎歯の仕上げ位置を計算する、ことを含んでいる。

(600) 歯ランドマーク識別分析ステップ

入力データ26を分析して歯の最終位置を計算し(96)器具25を設計するためのパラメータが展開すなわちさらに引き出される。第2B図のフロー図に示すように、歯位置決め分析(95)では(600)歯のプロフィール分析が行われ、例えばある解剖学的ランドマークが分析される歯に応じて選択される。

歯プロフィール分析ステップでは、各歯のプロフィール曲線 $P F_L$ の個別の画像63(第3C図)がコンピュータ30bの画面に別々に呼び出されてランドマークが選定される。プロフィール曲線 $P F_L$ の表示画像63を使用して、最初の下顎大白歯及び小白歯の、特定ランドマーク点を選択される。選定された点は第6図に示すようにデジタル化される。選定点は次の通りである。

P_1 点: 舌(舌側)ガム/歯交点

P_2 点: 舌側咬頭の隆起

P_3 点: 頬(頬側)咬頭の隆起

P_4 点: 頬側ガム/歯の交点

これらのランドマークから、プロフィールされる各大白歯及び小白歯の歯冠長軸 $C L A$ が決定される。この決定は P_2 , P_3 点間の第1の線 L_1 及び P_1 , P_4 点間の第2の線 L_2 を描いてなされる。歯の歯冠長軸 $C L A$ は L_1 , L_2 の中点を結ぶ線である。

線 L_1 は P_2 , P_3 点を通して描かれ線 L_2 は P_1 , P_4 点を通して描かれる。次に L_1 線に沿った P_2 , P_3 点間の等距離点が計算され、 L_2 線に沿った P_1 , P_4 点間の等距離点も計算される。

歯冠長軸 $C L A$ を画定する線は次式を使用して描かれる。

ここに、

X_{2-3} , Y_{2-3} = 中心点 P_{2-3} の X , Y 座標。

$$\frac{Y - Y_{2-3}}{X - X_{2-3}} = \frac{Y_{GCP} - Y_{2-3}}{X_{GCP} - X_{2-3}}$$

X_{GCP} , Y_{GCP} = 歯肉中心点 $G C P_{X,Y}$ の X , Y 座標。

大白歯及び小白歯に対して、 P_3 点すなわち頬側咬頭先端は切端中心点 $I C P$ として定義される。同様に、(610)下顎犬歯、側方及び中央歯に対する解剖

学的ランドマーク及び歯冠長軸 C L A が第 6 B 図に示すように決定される。第 6 B 図に示す P₁ - P₄ 点は次のように選定される。

P₁ 点： 舌側ガム／歯交点。

P₂ 点： 切端縁の舌側アスペクト。

P₃ 点： 切端縁の頬側アスペクト。

P₄ 点： 顔面ガム／歯交点。

小臼歯及び大臼歯と同様に、L₁、L₂ 線が描かれる。第 6 B 図に示す歯の場合、ランドマークはオペレータの選定誤差に比較的耐えられるために選択される。これは第 6 B 図の L₂ に替わる 1 組の破線から判る。これらのランドマークから、前記したように、L₁、L₂ の中点を結んで歯冠長軸 C L A が決定される。

上大臼歯及び小臼歯の上顎歯に対して、第 6 C 図に示すように、解剖学的ランドマークが識別されて選択され、それには (6 1 2) 中央溝における歯の近心辺縁隆線である第 5 点 P₅ の選定が必要である。

次に、さらに第 6 D 図に示すように、(6 2 0) 歯の歯冠長軸傾斜 L A T を設定する種値が求められる。最初に、このような種値は歯の顔軸線 F A を通る顔軸面 F A P を識別した分析から引き出すことができる (臨床的歯冠の顔軸に沿った高さの中点) 。

歯のプロフィールが傾斜角 L A I へ回転されていると、ある精密な垂直寸法及び端を決定することができる。間隔の短い一連の点の形でメモリに記憶されているデジタル化されたプロフィール曲線から、第 6 F 図、第 6 H 図及び第 6 I 図に示すように、精密な切端先端が犬歯、側方及び中央で識別される。

さらに辺縁隆線 P₅ の隆起が識別される。P₃ から P₅ までの垂直距離である辺縁隆線高さ M R E は、第 6 C 図に 2 点鎖線 P H₁ で示すように、下顎大臼歯及び小臼歯の頬側咬頭に対する中心止め具であるため上顎後方歯上で識別される。それぞれ第 7 A 図及び第 8 図で後記するように、M R E は犬歯隆起及び弧線面配置の計算において頬側咬頭高さ B C H として使用される。

(7 0 0) 犬歯隆起決定ステップ

第 7 図に距離 D J_I で示すように、犬歯 (I = 3) は口の前面に近くしたがっ

て後方歯 ($I > 3$) よりも顎の顎すなわちピボット点 $P P$ から遠い。そのため口の背面に近い歯は開口時に犬歯よりも動きが小さい。この動きの差を犬歯隆起の計算に含めないと後方歯は犬歯を互いにクリアした後でも接触したままとされる。また、第7図に示すように、咬合面から顎の顎のピボット点 $P P$ までの距離 $D_{P P}$ も考慮しなければならない。

好ましくは、犬歯隆起が咬合を制御するように処方される場合には、犬歯隆起の寄与は上顎及び下顎犬歯間に分散され、犬歯隆起の2つの部分が上顎犬歯により提供され一つの部分が下顎犬歯により提供される。

P_3 から右左の上顎第1小白歯 $T(U, 4)$ 、第2の小白歯 $T(U, 5)$ 、第1の大白歯 $T(U, 6)$ 、及び第2の大白歯 $T(U, 7)$ の各々の辺縁隆線までの初期垂直距離は第6C図に示す通りである。次に、解剖学的研究から、各歯対をクリアするのに必要な犬歯隆起垂直距離 $C R$ は最初に第2表の値を計算して求められ、それは最初に第2表の値を計算して求められる各歯対をクリアするのに必要な第7図の顎寸法 $D_{P P}$ 及び D_{J_T} から引き出される。

<u>1.67 x BCH of T(U,7)</u>
<u>1.50 x BCH of T(U,6)</u>
<u>1.36 x BCH of T(U,5) and</u>
<u>1.20 x BCH of T(U,4).</u>

TABLE 2

次に、(715)このような各歯に対する頬側咬頭高さに前記隆起係数を乗じた積から最大値が選定される。選定されたこの積は最も顕著な咬頭をクリアして群機能咬合を提供するのに必要な犬歯隆起である。これを第1大白歯を最後にクリアする場合について第7A図の BCH_6 に示す。

(800) 下顎歯配置ステップ

第6E図に示すように、最初の計算により配置の最終調整が保留されている咬合面上に下顎歯の先端が配置される。このステップにおいて、下顎歯の歯冠長軸

$C L A$ の傾斜は保存され、歯は最も高い歯の頂面と先端が一致するまでその $C L A$ に沿って上向きに動かされる。 $C L A$ は歯 $G C P$ の下で $M T E$ と交差するよう

に配置される。歯は異なる $\angle A I$ 、すなわち長軸傾斜角、で傾斜するため歯の先端は $M T E$ から不等オフセットされ滑らかな弓とはならない。

犬歯を除いて最も高い下顎歯が識別される。第6 F 図にこれは左下顎中央として示されている。最も高い歯は最大歯冠高さ $C H$ を有する歯である。歯冠高さ $C H$ は、(歯のプロフィールがステップ(600)で記述した方位である) Y 方向において、 L_2 線と歯冠長軸 $C L A$ の交点である $G C P$ から頬側咬頭の最も高い点、例えば第6 F 図の(後方歯に対する) P_3 、及び第6 G 図に示すように(前方歯に対する)切端中心点 $I C P$ あるいは、好ましくは切端先端 $I C$ 、までの距離である。第6 F 図の左下顎中央切歯に示すように、最も高い歯の歯冠高さ $C H$ は下顎歯の最大歯冠高さ $M C H$ である。3つの平行面が描かれており、 $M C H$ 基準面 $M C H P$ は X 軸に平行で原点 O 、 O を通り最も高い歯の $G C P$ に設定される(第6 F 図及び第6 I 図)、頬側咬頭面 $B C P$ は X 軸に平行で最も高い歯の座標 O 、 $M C H$ を通り(第6 F 図及び第6 I 図)、犬歯隆起面 $C R P$ は X 軸に平行で座標 O を通り、 $C R$ はステップ(700)で計算される犬歯隆起であり、犬歯隆起オプションが選定されている。これらの面が画定されると、方位を定められた下顎歯は、さらに第6 F 図に示すように、犬歯を除く全ての歯に対して頬側咬頭先端 P_3 の最も高い点すなわち各々の切端先端 $I C$ が頬側咬頭面 $B C P$ と接触するように配置される。したがって、 $B C P$ は咬合面 $M O C$ として確立される。基準面 $M C H P$ は下顎溝面 $M T$ と同じく設定される。これにより最も高い歯の $G C P$ が $M T$ 上に設定され、残りの下顎歯の $G C P$ はその上に設定される。下顎溝 $M T$ から $M C H$ の距離に咬合面 $M D C$ も設定される。好ましくは、歯冠の絶対的に最も高い点が歯を $B C P$ と一致させるのに使用される。このような点は精密な切端先端に対する $I C$ 点を直接選定するか、好ましくは第3 C 図のプロフィールからあるいはステップ(600)の終わりに歯をその最終傾斜角 $\angle A I$ へ回転させた後で第3 A 図、第3 B 図の3次元画像から直接最も高い点を計算する、ことによりステップ(500)においてさらに点選定を行って決定することができる。

この段階において、下顎歯の相対的な垂直位置を第6 F 図及び第7 C 図に示す。

次に下顎溝 $\underline{M T}$ ($\underline{M C H P}$) の面内にある $\underline{M T E}$ に対して仮の位置に歯が水平に設定される。好ましい目標は下顎溝 $\underline{M T}$ における滑らかな弓内の歯肉アスペクトではなく咬合面 $\underline{H O C}$ 内の最も滑らかな弓に歯の先端を配置することであり、そのためステップ (600) で求められる歯及び歯冠長軸傾斜 $\underline{L A I}$ に基づいて各歯に対する水平距離 $\underline{O F F S E T}$ が計算される。このオフセットは $\underline{G C P}$ を $\underline{M T E}$ 上に配置したときの $\underline{M T E}$ から歯先端までの水平距離である。下顎中央、側方及び犬歯に対して、(1) 歯冠長軸 $\underline{C L A}$ と切端先端 $\underline{I C}$ の交点から (2) $\underline{C L A}$ と最大咬頭高さ基準面 $\underline{M C H P}$ の交点までの垂直距離を $\underline{L A I}$ の正接で除すことにより $\underline{O F F S E T}$ が計算される。垂直距離は $\underline{I C}$ から $\underline{M C H P}$ まで計算することができる (切端中心垂直距離 $\underline{I C D}$ を生じる、 $\underline{I C}$ 点の Y 座標に等しい)。下顎側方及び中央に対して、 $\underline{I C D}$ は $\underline{M C H}$ に等しい。下顎犬歯に対して、 $\underline{I C D}$ は下顎犬歯隆起成分に等しく、それは犬歯隆起機能咬合が選定されている場合は $\underline{M C H} + (\underline{T o t a l \ C R}) / 3$ となる。したがって、切歯及び側方に対する中央、側方及び犬歯の $\underline{O F F S E T}$ の計算は、 $\underline{O F F S E T} = \underline{I C D} / \tan(\underline{L A I})$ となる。第6図を参照して、下顎小白歯及び大白歯に対する $\underline{O F F S E T}$ は $\underline{P_3}$ 点から $\underline{C L A}$ と $\underline{M C H P}$ の交点までの水平距離として、 $\underline{O F F S E T} = [\underline{M C H} / \tan(\underline{L A I})] + \underline{H D}$ により計算され、ここに $\underline{H D}$ は $\underline{P_3}$ 点から切端中心点 $\underline{I C P}$ までの水平距離に等しい。

次に、第6G図及び第6H図に示すように、下顎溝配置点 $\underline{M T P P}$ が $\underline{M C H P}$ と $\underline{C L A}$ の交点として規定される。第6I図に示すように、最も高い歯については、 $\underline{M T P P}$ は $\underline{G C P}$ である。 $\underline{M C H P}$ は下顎溝のレベルであり $\underline{M T E}$ を含んでいる。 $\underline{M T P P}$ は最初に $\underline{M T E}$ 上に配置される歯の上の点である。次に、第7B図及び第7C図を参照して、歯はその $\underline{M T P P}$ を下顎溝上に設定して一時に一面づつ配置される。そのために、歯配置ルーチンが呼び出され、下顎溝方程式 $\underline{M T E}$ を最初に下顎中央について調整して前記したその特定歯の中央 $\underline{O F F S E T}$ 量だけ半径を増加させ第4B図の下顎溝オフセット曲線 $\underline{M O (1)}$ が形成される。参照する $\underline{M T E}$ の半径はスプライン円変換ルーチンによりステップ (300) において生成された方程式の円セグメント形式で定義された $\underline{M T E}$ の半径である。歯の $\underline{O F F S E T}$ は異なるため、各々が一つの歯の先端を含み $\underline{M T E}$ から個々の

歯の OFFSET 量だけ口唇-舌の関係において間隔のとられたセグメントによりこのように構成される場合、MO は不連続方程式と見なすことができる。第7 B 図に示すように、左側から始めてその近心接触点 MCP を正中線 ML と歯のオフセット曲線 HO の交点に配置することにより中央が配置される。これは、CLA と MCHP もしくは MT の交点である歯の MTPP を MTE 上に配置させ歯の切端先端 IC を MD₁ 上に配置させる効果がある。方程式の円セグメント形式上に歯を配置することは歯の配置ルーチンで詳細に説明される。中央を配置する時に、中央歯の近遠心幅 MDW₁ に等しい半径で正中線 ML とオフセット曲線 MO₁ の交点における歯の近心接触点 MCP を中心とする円 C₁ が描かれる。次に、半径が $MDW / 2$ に等しく中心が円 C₁ と一致する円 C₂ が描かれる。次に、溝オフセット曲線 MO と円 C₁ 及び C₂ の交点が求められ、その円 C₁ との交点は歯の遠心接触点 DCP でありその C₂ との交点は中央歯の中点 TMP である。ここでは歯の中点 TMP は弓形上に配置される歯の近遠心幅の中点として定義され、それは弓形と CLA を含む垂直口唇-舌面との交点である。MO 上の中央歯のこの中点 TMP は切端先端 IC に近い位置である。円とオフセット溝曲線 MO、すなわち拡張下顎溝、との交点を求めるにはどのセクター線（第5図-第5P図）が円 C₁ 及び C₂ と交差するかを識別する必要がある。これらは交点の X 座標を各中央歯の遠心接触点 DCP の X 座標と比較して溝方程式のどのセグメントを使用するかを決定することにより識別され、それについては歯配置ルーチン（2200）の説明に関して後記する。最後に、円 C₁ と MO の交点における DCP、MO の識別された円セグメントの中心、歯の DCP がある拡張 MTE、を通る中央歯に対する遠心接触点線 DCPL が描かれる。これは中央歯の遠心接触点を通る MO 曲線の円セグメント半径に沿って延びる。歯 TMP の中心に対しても同様な線 DTMP が描かれる。

弓の同じ側の残りの各下顎歯について、曲率半径を次の歯の OFFSET 量だけ増加させて MTE を拡張し円 C₁ 及び C₂ の中心を前の歯の遠心接触点線 DCPL に沿ってこの歯の OFFSET 量だけ MTE から舌側すなわち下向きに動かすことにより新しい下顎溝オフセット MD₁ が遠心シーケンスで計算される。これは次の歯に対する MCP である。歯の円 C₁ は歯の近遠心幅に半径が等しくそ

の中心点 \underline{MCP} を中心として描かれる。円 $\underline{C_2}$ は $\underline{HDW}/2$ に半径が等しく中心が円 $\underline{C_1}$ と一致して描かれる。小臼歯及び大臼歯については、歯の中点 \underline{TMP} はそれらの $\underline{P_3}$ 点と見なすことができる。次に、中央と同様に、これらの歯について \underline{MO} と円 $\underline{C_1}$ 及び $\underline{C_2}$ の交点が計算される。これらの歯の遠心接触点 \underline{DCP} は歯の \underline{MO} と各 $\underline{C_1}$ との交点となる。歯 \underline{TMP} の中心は歯の \underline{MO} と各円 $\underline{C_2}$ との交点となる。円と交差する \underline{MO} セクターセグメントが識別される。セグメントの選定は交点の \underline{X} 及び \underline{Y} 座標を遠心接触点 \underline{DCP} の \underline{X} 及び \underline{Y} 座標と比較して行われる。最後に、選定されたセグメント中心から \underline{DCP} 面まで遠心接触点線 \underline{DCPL} が描かれる。同じことが歯 \underline{TMP} の中心についても行われる。以下の手順において別の点で歯配置が参照される場合、好ましくはこのシーケンスに従う。

(900) 最良適合下顎弓方程式ステップ

しかしながら、不連続オフセット方程式 \underline{MO} は咬合面 \underline{MDC} 内の歯の近似先端を含み、第4B図に不連続 \underline{MO} 線で示すように歯は不規則にオフセットされる。歯の先端を理想的な弓として配置するために、(900) 下顎歯の頬側咬頭先端及び切端縁を連続弓として良好に配置するための最終方程式が展開される。最良適合方程式の展開を第2H図のフロー図に詳細に示す。方程式は個々の歯の咬頭先端及び切端縁を最適に適合させるように統計的に展開される、最良適合頬側咬頭方程式 $\underline{BFBC E}$ 。方程式を公式化する際、第7B図の右及び左の歯の中点 \underline{TMP} 、 \underline{ICP} もしくは \underline{IC} の座標は好ましくは平均化される。 $\underline{BFBC E}$ 方程式は(910) 最良適合適合方程式に到達するための多項式もしくは他のベツィエあるいは最小二乗統計技術を使用して得られる。これらはいくつかの任意のすぐ手に入るソフトウェアパッケージとして入手できる。このような $\underline{BFBC E}$ 方程式を第4B図に示す。 $\underline{BFBC E}$ が求められると、(915) 前記したスプラインー円変換ルーチンと同様な方法で円セグメント方程式へ変換することができる。

(1000) 下顎最良適合弓配置ステップ

最良適合方程式 $\underline{BFBC E}$ を統計的に引き出した後で、(1000) 個別の下顎歯が計算され、口唇側もしくは舌側で、面変換されて先端が最良適合曲線に一致するようにされる。そのために、下顎中央の近遠心接触点、第7B図の \underline{HCP}

点、がステップ(800)においてMO上に配置されたのと同様に最初に正中線

MLとBFBCEの交点に配置される。前記したように、次に歯に対する円C₁及びC₂が描かれBFBCE曲線との交点が求められる。ステップ(800)の配置と同様に、C₁とBFBCEとの交点は歯の遠心接触点DCPであり、C₂とBFBCE曲線との交点は歯の中心点TMP(ICと一致する)である。これにより、歯はTMPが関連するBFBCEの円セグメントに垂直に動かされる。次に、遠心中心点DCPを中点とする新しい円C₁及びC₂が描かれ同じ側の全ての歯についてサブステップが繰り返され、次に下顎弓の反対側について繰り返される。下顎歯の仕上げ位置を第7C図に示しX-Y座標は水平弓面のものである。水平X-Y面に直角な垂直Z座標は個別の歯プロフィール面のY軸と一致している。プロフィール面のX座標は第7B図の口唇-舌方向La-LIと一致している。

(1100) 上顎歯配置ステップ

咬合を構成するには上顎歯を既に配置されている下顎歯へ適合させる必要がある。これは上顎歯に対する修正された最良適合頬側咬頭方程式BFBCEを引き出して行われる。上顎歯の場合、後方歯の咬頭先端及び前方歯の切端縁は一つの弓内に設定されず、(1)上顎小白歯及び大白歯の中央溝辺縁隆点がBFBCE上に配置され、(2)上顎前面は口唇側にBFBCEから間隔をとって切端が重畳されその舌側表面と下顎歯の口唇側表面との間にクリアランスができるようにされ、(3)弓内の犬歯先端は一般的に第1の上顎小白歯と側方切歯の間とされる。前記したように、上顎歯が配置される弓は第4C図に示すように配置される。

上顎切歯に対して、BFBCEの修正にはまず下顎切歯切端縁上のP₂点からP₃点までの距離を平均化し、2で除して、一般的にはP₃点である歯の切端中心点ICPに隣接する歯の口唇側表面を含む弓を捜すことが含まれる。これにより最良適合方程式から下顎前方歯の口唇側の顔面と上顎前方歯の舌側の顔点との接触点までの均一な距離が得られる。代表的には1/4mmである距離を平均距離に加えて上下前方歯間の僅かなクリアランスが得られる。これを第7D図に示す。

上顎前方歯は所定の重畳を与えるように選定される咬合基準に従って咬合面 MDC に対して垂直位置に置かれる。ステップ (700) の犬歯隆起計算から、下顎咬合面 MDC に対する上顎犬歯の垂直位置が判る。上顎側方及び中央に対して、

垂直位置により規定の基準に従って重畳が与えられ、下顎側との舌側顔面接触点は MDC 面上とされる。全ての歯がステップ (600) の第1表に示す規定の歯冠長軸 CLA 傾斜値 LAI で傾斜している。

(1100) 下顎22に対する上顎24の歯の配置において、上顎前方弓形 MAAF、中央溝辺縁隆線 CGMRAF、及び上顎犬歯弓形 MCAF が第4B図に示すように定められる。MAAF を規定するのに必要な BFBCE のセグメント半径拡張量の計算が、第7C図の BFBCE の円 C₂ との交点である、いずれかの上顎中央の近遠心幅の中点、第4C図の TMP₁、で行われる。歯は上顎接触弓形状方程式 MAAF 上に配置され歯の近心接触点が正中線 ML と上顎接触弓形 MAAF の交点に来るようにされる (第4C図)。MAAF は上部側方及び中央に対して次のように定義される。

$$\underline{MAAF} = \underline{BFBCE} + \sum \frac{P_{ix} - P_{ix}}{(i) \{Avg\}} + Clearance \quad \text{代表的に、} \quad \underline{Clearance} = 0.25mm,$$

第4図に示すように CGMRAF は BFBCE と一致する。上顎犬歯に対して、咬頭先端は MAAF と CGMRAF 間の滑らかな弓上に配置される。矯正歯科医14からの処方箋27の情報を検索してロスあるいはリケット咬合等のどの上顎前方垂直咬合方法が選定されているかが決定され、あるいは上顎犬歯が咬合面 MDC の下の犬歯隆起 CR の0.67に等しい距離 CR_{1.3} だけ延び、側方が MDC 面の下の犬歯隆起 CR の0.33に等しい距離 CR_{1.2} だけ延び、中央が MDC 面の下の犬歯隆起 CR の0.50に等しい距離だけ延びる好ましい方法が決定される。

好ましくは、(1125) 選出された水平咬合が次に選定され、水平咬合が得られる歯の位置を計算することにより水平歯配置が進行され、上顎中央及び側方に対して LIMOC から ICP までの距離が計算される。この距離は上顎前方オ

フセット M A D と呼ばれ、したがって次式が得られる。

$$I C P = \frac{X_2 + X_3}{2} ; \frac{Y_2 + Y_3}{2}$$

$$M A O = | L I M O C_x - I C P_x |$$

上顎第1小臼歯オフセット M B O は $M B O = | P_{5x} - P_{3x} |$ として計算される。

次に、上顎歯位置が再計算される。

器具設計手順 (96)

器具設計手順には (1200) 下顎歯の計算仕上げ位置に対する下顎弧線面の位置を決定し、(1300) 各歯の取付面に対する各下顎ブラケット溝の角度を計算し、(1400) 上顎歯の計算仕上げ位置に対する上顎弧線面の位置を決定し、(1500) 各歯の取付面に対する各上顎ブラケット溝の角度を計算し、(1600) 下顎弧線の形状及び各下顎ブラケットの溝出入り寸法を計算し、(1700) 上顎弧線の形状及び各上顎ブラケットの溝出入り寸法を計算し、(1800) 各歯のブラケット配置治具の輪郭を計算する、サブステップが含まれている。

(1200) 上顎弧線面ステップ

次のステップは (1200) 下顎歯に対して弧線面の位置を確立するものである。ブラケット及び弧線はいかなる選択位置でも調整するように設計されるため弧線面は無限の垂直位置に配置することができる。口唇側ブラケット配置に対する上顎歯の重畳が判っているため、下顎弧線面は仕上げ咬合において上顎にブラケットクリアランスを与えるように設定される。舌側ブラケット配置に対しては、この配慮はステップ (1300) において上顎弧線面についてなされる。

上顎歯には口唇側ブラケット配置に対するブラケット干渉のジレンマが無いため、ブラケットは容易な配置、美容上の配慮及び歯肉の健康を考慮して配置することができる。これは舌側ブラケット配置を使用する下顎ブラケット位置決めにも当てはまる。代表的に、これらのブラケットは他方の弓のブラケットよりも中心近くに配置される。

より詳細には、(1200) 弧線面を確立するために、選定された垂直咬合及び犬歯、側方及び中央に対する MDC からの各垂直重畳が呼び出される。次に、各小臼歯及び大臼歯に対する頬側咬頭高さが呼び出される。続いて、最大 BCH すなわち前方垂直重畳が最大垂直重畳 MVO として選択される。次に、MVO に等しい距離が MDC から下向きに測定される。最後に、ブラケット高さの半分（代表的に、3.0 mm）プラス 0.75 mm が咬合クリアランスのために加えられる。このようにして下顎弧線面 HAWP が画定される。これによりブラケットは上顎咬合から最悪 0.75 mm のクリアランスで出来るだけ咬合するように配置される。

(1300) 下顎溝傾斜ステップ

歯に対して弧線面が定められると、(1300) 歯のブラケット取付面と弧線面間の角度が決定される。この角度マイナス 90° が顔面トルクすなわちブラケット内に形成すべき傾斜角となる。これにより、切端縁の頂部から弧線面までの距離であるブラケット溝配置高さが定められる。この距離は弧線面に直角に計算される。

次に溝なしブラケットボディが適切に配置される。またブラケットのボディを通るように滑らかな弧線が設計される。弧線はブラケット内へ深く入り込まないで一部ブラケット面の外側を通るように切断される。ブラケットは必要に応じてさまざまな高さとなるように選択される。頬管アセンブリを修正せずに、歯表面から溝中心までの標準ブラケット距離を種値として使用することができる。次に、ルーチン (2000) 及び (2100) において提供され前記した 3 次スプライン及び正接円技術から弧線方程式が数学的に引き出される。両弧線が同様に展開される。

より詳細には、ブラケット角度決定 (1300) は口唇側器具の場合は MAWP と各下顎歯の口唇（頬）側表面の交点、舌側器具の場合は MAWP と各歯の舌側表面の交点を求めて行われる。次に、交点を中心とし（代表的には、3.0 mm である）ブラケットボンディングパッドの咬合—歯肉（垂直）寸法を表す直径の円が描かれる。次に、口唇（頬）歯表面と円との交点の X、Y 座標が次式により求められる。

$$R^2 = (X_1 - h)^2 + (Y_1 - K)^2$$

$$Y_2 = m X_2 + b_2$$

$$Y_3 = m X_3 + b_3$$

交点間の勾配を計算して顔面傾斜角 FIA が求められる。

次に、口唇側器具について第8A図に示すように、 $\pi/2$ ラジアンを減じて溝傾斜角 SIA が求められる。

$$FIA = \frac{Y_2 - Y_3}{X_2 - X_3}$$

$$SIA = FIA - \pi/2$$

(1400) 上顎弧線面ステップ

次のステップは(1400)第8図に示すように上顎弧線面を見つけることである。上顎中央に対して、これには切端縁から P_4 点までの垂直距離を求めることが含まれる。最小値を選定し2で除して上顎中央に対する溝配置高さが求められる。終端上顎小白歯に対して頬側咬頭から P_4 までの垂直距離が求められる。最小値を選定して2で除される。これにより、終端上顎小白歯に対する溝配置高さが求められる。

上顎中央に対しては、溝配置高さ SPH に対する Y 値から $FIMOC$ の Y 値が減じられる。これは MOC から溝中心線までの距離である。終端上顎小白歯に対しては、溝配置高さ SPH に対する Y 値から MOC の Y 値が減じられる。これは MOC から溝中心線までの距離である。次に、上顎中央に対する SPH から終端小白歯に対する SPH が求められる。これは中央から終端上顎小白歯までの上顎弧線の MOC に対する高さ変化 DH である。(1440) MOC からの上顎弧線の高さ $MXAWP$ 、すなわち各歯上の弧線高さ AHT 、が $AHT = K + DH + SPH - MOC_y + \text{Vertical overlap}$ として計算され、ここに K は第3表からの変換係数である。

歯の種別	非抜歯	抜 歯 (例えば第2小臼歯)
上あご中央	0.0	0.0
上あご側方	-0.19	-0.28
上あご犬歯	-0.42	-0.62
上あご第1小臼歯	-0.68	-1.00
上あご第2小臼歯	-1.00	NA
上あご第1大臼歯	-1.32	-1.46

TABLE 3

(1500) 上顎溝傾斜ステップ

弧線面が定まると、(1500) 最初に上顎弧線面 \overline{MXAWP} と各上顎歯の口唇すなわち頬側表面との交点を見つけることにより下顎ブラケットの溝傾斜決定ステップ(1300)と同様に各上顎歯ブラレットの傾斜角 \overline{SAI} が求められる。次に、この交点を中心とし、代表的には4.0mmである、ブラケットボンディングパッドの咬合歯肉、すなわち垂直、寸法に等しい直径の円が各上顎歯について描かれる。これらの円と口唇すなわち頬側歯表面の交点の \overline{X} 、 \overline{Y} 座標が次式により求められる。

$$\overline{R^2} = (\overline{X_1} - h)^2 + (\overline{Y_1} - K)^2; \overline{Y_2} = m \overline{X_2} + b_2; \overline{Y_3} = m \overline{X_3} + b_3$$

次に、第8A図に示すように、 $\pi/2$ ラジアンを減じて溝傾斜角 \overline{SIA} が求められる。

$$\overline{FIA} = \frac{\overline{Y_2} - \overline{Y_3}}{\overline{X_2} - \overline{X_3}}$$

$$\overline{SIA} = \overline{FIA} - \pi/2$$

(1600) 下顎弧線及び溝深さステップ

次のステップは(1600) 下顎弧線及びブラケット出し入れ寸法を求めるものである。最初に、第8B図に示すように、右中央の \overline{ICP} が関連する \overline{BFBCE}

の円セグメントが求められる。次に、切端中心点及び円セグメント中心点面 $\overline{ICPCDCPP}$ が弓面に垂直に生成される。 \overline{ICP} 及び歯に関連する特定円セグメ

ント中心点 CSCP を通る切端中心点線 ICPL が引かれる。次に、CSCP から ICP までのピタゴラス距離 PD が求められる。次に、(1620) 第8C図に示すように、ICPCDCPP の歯をを見ながら、CLA と BFBCE の交点である、ICP を通る線 NL が BFBCE 面に垂直に引かれる。次に、(1625) この面内の歯を見ながら、NL と MAWP の交点 XP が求められる。

さらに ICPCDCPP の歯を見ながら、XP から歯の唇側表面までの X 距離 XD が求められ、PD が XD 及びブラケット溝の下限 LLBS に加えられる。LLBS はこの歯に配置される特定ブラケットに関連する距離である。それはそのブラケットに許容される最深溝である。次に、下限 LL が LL = PD + XD + LLBS として計算される。同様に、PD が XD 及びブラケット溝の上限 ULBS に加えられる。ULBS もこの歯に配置される特定ブラケットに関連する距離である。それはそのブラケットに許容される最浅溝である。上限 UL は UL = PD + XD + ULBS として計算される。次に、平面図内の下顎咬合を見ながらかつ ICPL に沿ってその CSCP から LL 距離だけ動きながら、BFBCE と下顎正中線 ML との交点において原点に対する X 及び Y 点、AWLL_{X,Y} が求められる。次に、平面図内の下顎咬合を見ながらかつ ICPL に沿ってその CSCP から距離 UL だけ外へ動きながら、BFBCE と下顎正中線 ML との交点に対する X 及び Y 点、AWUL_{X,Y} が求められる。次に、AWLL_{X,Y} 及び AWUL_{X,Y} の中点が見つけられ全ての下顎歯についてステップが繰り返される。

次に、平均中点及び右から左までの距離が計算され下顎弧線が対照的とされる。

$$S_x = MP_x + \frac{PR_x - PL_x}{2}$$

$$S_y = MP_y + \frac{PR_y + PL_y}{2}$$

次に、第4E図に示すように、全ての AWLL_{X,Y}、及び AWUL_{X,Y} 点を通る最も滑らかな曲線 SC が求められる。好ましくは、それには変曲点が無い。一つ以

上の変曲点がある場合には、変曲が生じる所に基づいて論理的代替ブラケット解が引き出される。

(1700) 上顎弧線及び溝深さステップ

次のステップは(1700)上顎弧線及びブラケット出し入れ寸法を求めることである。下顎決定ステップ(1600)と同様に、右中央のICPに関連するBFBCEの円セグメントが求められる。上顎中央及び側方はBFBCEではなくMAAFと関連しており、上顎犬歯はMCAFに関連し、犬歯の前方の歯はBFBCEに関連する点を除けばこのステップは第4E図及び第8C図の下顎溝出し入れ寸法計算ステップと同じである。ブラケット溝切込みについてはステップ(3000)について後記する。

(1800) 配置治具設計ステップ

このようにして、矯正歯科医が個々の歯の適切な位置にブラケットを配置するのを助けるブラケット配置治具設計に必要な情報が得られる。配置治具の設計は、前記した計算からの必要データを有する適切なファイルを製作制御コンピュータ30cへロードした後で、後記する治具製作ステップ(3500)に関連するソフトウェアにより実施される。

(97) 器具製作手順

器具製作手順(97)には注文ブラケットの製作(3000)、注文弧線の製作(3200)、及び患者の歯に注文ブラケットを配置するための注文配置治具の製作(3500)ステップが含まれる。これらのステップについては全ての製作が器具設計施設13で行われる実施例に関して後記する。

(3000) ブラケット製作ステップ

ブラケット製作ステップ(3000)では、好ましくはブラケットブランクを選定し弧線64のためのトルク溝をブラケットに切り込むことにより、注文ブラケットが製造される。コンピュータ30cが(3005)各ブラケットに対するデータを患者データファイル36からロードする。各歯及びブラケットに対して、デフォルトすなわち初期選定として、ロープロフィールブラケットが想定される。次に、溝角度FAI及び溝出し入れ寸法IOが読み取られる。また、歯の中点における弧線の半径も求められる。次に、主CNCプログラムが生成されルー

プさ

れて各ブラケットの切り込みコードが発生され、ブラケットの変数計算で始って、各ブラケットに変数を割り当てブラケットサポート73を回転させカッター77cを協調高さZ及び水平X位置へ設定することにより溝の切り込みを適切な角度に設定する。溝の位置がブラケット領域の外側であれば、適切なハイプロファイルのブラケットがプログラムにより呼び出され、自動的もしくはオペレータによりロードされる。次に、溝底に弧線半径を切り込むY方向のカッター経路を制御するコードが発生される。

好ましくは、CNCコードはNCコントローラへダウンロードされ一連のブラケットブランク内に溝を切り込むことによりブラケットが形成され、リポートが書かれる。

(3200) 弧線製作ステップ

弧線製作ステップ(3200)によりその弧線正中線AMLに対して対称的で、適切な端脚スパンTLSを有し、一連の円セグメントにより形成される弧線64が作られる。製作制御コンピュータ30cはワイヤ形成機械40を作動させるCNCコードを発生する。そのプログラムが開始され、計算された患者データファイル36を開いてワイヤ合金及び規定ワイヤ断面、弧線曲線を形成する各円セグメントの半径及びセクター長を含む一連のiセットのデータを含むデータアレイ、及び計算された総累積弧線長が読み出される。弧線方程式に半径及びセクター長を加えてワイヤの各終端に半インチの直線セグメントを作って平行な端脚延長部が形成される。次に、方程式に沿ったワイヤの累積勾配及びセクター長を計算して、端脚スパンTLSが計算される。

(1) 放物線の係数を計算し、(2) 勾配アレイの最初の点を埋め、(3) 勾配アレイの中間点を埋め、(4) 勾配アレイの最終点を埋める、ことによりワイヤ挙動を記述するワイヤ方程式が計算される。次に、弧線方程式の各円セグメントに対してローラ70b及びワイヤ69の交点とローラ68及びワイヤ69の交点間の湾曲レバーアームLA(第2E図)の垂直変位が求められ、アレイにデータが加えられる。

次に、セクター長、レバーアーム変位、半径及び弧線の直線セグメント両端間の端脚スパンに対して仮変数が定められて、コンピュータ30cのコントローラ

カード65が初期化され、コントローラベースアドレスが設定され、デフォルトパラメータが設定される。次に、一連の逐次セクター長及びレバーアーム変位が、それぞれ、(1)回路66a, 67aを介してフィードロール68のドライブ、及び(2)回路66b, 67bを介してアンビルアセンブリ70へ送られる。

次に、レバーアーム変位がゼロとされワイヤ脚位置がセンサー71により読み取られる。この読取値はコンピュータ30bにより数値へ変換され実測端脚スパンと所望端脚スパンT L S間の差が計算される。この差が公差を外れておれば、修正が行われて別のワイヤが形成される。

(3500) 治具製作ステップ

治具製作ステップ(3500)により各歯に対してその適切な位置に注文設計されたブラケットの配置を助けるように注文設計されたブラケット配置治具が作られ注文設計された弧線は、注文設計かつ注文配置されたブラケットに取り付ける時に、歯を計算された仕上げ位置へ動かすようにされる。

実施例では、注文配置治具の設計に必要な情報は器具設計手順(96)で行われる計算による患者データファイル及びステップ(500)において読み出されるデジタル化情報の歯プロフィールデータファイルに含まれている。注文治具の設計には、主として、既に発生された情報を集合することが含まれ、実施例では、治具を作るNC制御製作装置41の制御コードを発生する途中で行われる。

実施例では、治具製作装置41は直径が、例えば、0.508mm(0.020インチ)の小型超硬エンドミル工具を備えた標準CNCミルである(第1F図)。治具自体82は直径がおよそ25.4mm(1インチ)で厚さがおよそ1.02mm(0.04インチ)の円形ABSプラスチックウエーハで出来ており、かなりのサイズ変動が容認される。

治具製作ステップ(3500)は製作コンピュータ30b内のプログラムやルーチンの実行及び患者や症例を識別するパラメータの入力で開始される。プログラムの実行が開始されると、歯位置計算及び分析手順(95)及び器具設計手順

(96)で発生された患者データファイル36が開かれ、第91図に示すように、歯プロフィールPFに関して各歯に対する情報が読み出される。読み出される変数は(a)歯プロフィール垂直口唇／舌面内の一対のX, Y座標 $TS_{x,y}$ 形状の

弧線面と歯の唇側(規定されている場合には、舌側)表面TSの交点、(b)溝出し入れ寸法E l a nもしくはI O、(c)ブラケットベース厚B R c l及びブラケットパッド高さB P Hのようなブラケット寸法のルックアップテーブル内の適切な場所へのアクセスを提供するブラケットの種別、及び(d)処方箋からのワイヤサイズと整合するトルク溝幅、である。

次に、第9J図に示すように、ブラケットデータファイルが開かれブラケットベース厚が読み出される。歯プロフィールPFを含むCADプログラムファイルがロードされる。第3C図に示すように、プロフィールPFは各々がX, Y座標で表されプロフィール曲線PFを画定する直線により接続されたプロフィール面内の短い間隔の一連の点により構成されている。エンドミル工具直径E n d m i l l も入力され、弧線直径もしくは弧線溝幅よりも小さくしなければならない。治具ブランク83の直径、治具の外側のカットクリアランス、23に設定されるループ数、及びカウンター初期設定を含む定数が表明される。次に、各歯に対してCNC P-コードが発生される。続いてプロフィール及びブラケットクリアランス補償工具経路I T P及びB C T Pがそれぞれ生成される。これには、第9K図に示すように、プロフィール曲線の内側の工具半径に等しい距離だけ間隔がとられ歯プロフィール曲線の各ラインセグメントに平行な一連の直線セグメントからなる初期内側工具経路ラインI I T Pの生成、ブラケットベース寸法マイナスプロフィール曲線の外側の工具半径に等しい曲線だけ間隔がとられ歯プロフィール曲線の各ラインセグメントに平行な一連の直線セグメントからなる初期ブラケットベース補償工具経路ラインI B C T Pの生成、及び第9M図に示すように、内側工具経路ラインからブラケットベースパッド頂部のベース補償ラインまで切り込んでパッド底部において治具を切断する最終ブラケットベース補償工具経路(d)の生成(3600)が含まれる(“頂部”及び“底部”は下歯に対する

例として使用され、上歯とは反対である）。次に、弧線溝工具経路 A S T P が生成され、それは第 9 N 図、第 9 O 図及び第 9 P 図のフロー図に記載されたシーケンスから理解することができる。次に、第 9 Q 図に示すように、治具ブランク 83 のイメージの上に基準工具経路 R e f P が生成され、それを参照して第 2 R 図に示すように外側治具境界カットアウト C T P が加えられ（3615）、次に第 9

図 S 示すように、実際の工具経路 T P T が発生される。次に、CNC 機械コードが発生され、出力ファイルへ書き込まれる。全治具について完了すると、完成された CNC ファイルが CNC ミルのコントローラへ送られウエーハ 83 a のパレット（第 1 F 図）が 1 組のブラケット配置治具 82 へ切断される。治具の一例を第 9 T 図－第 9 W 図に示す。

本発明の実施例について説明してきた。当業者であればここに記載された発明の原理を逸脱することなく本発明のシステム及び方法、及びその詳細内容、に追加や修正が可能であるとおもわれる。したがって、次のように請求する。

【図1】

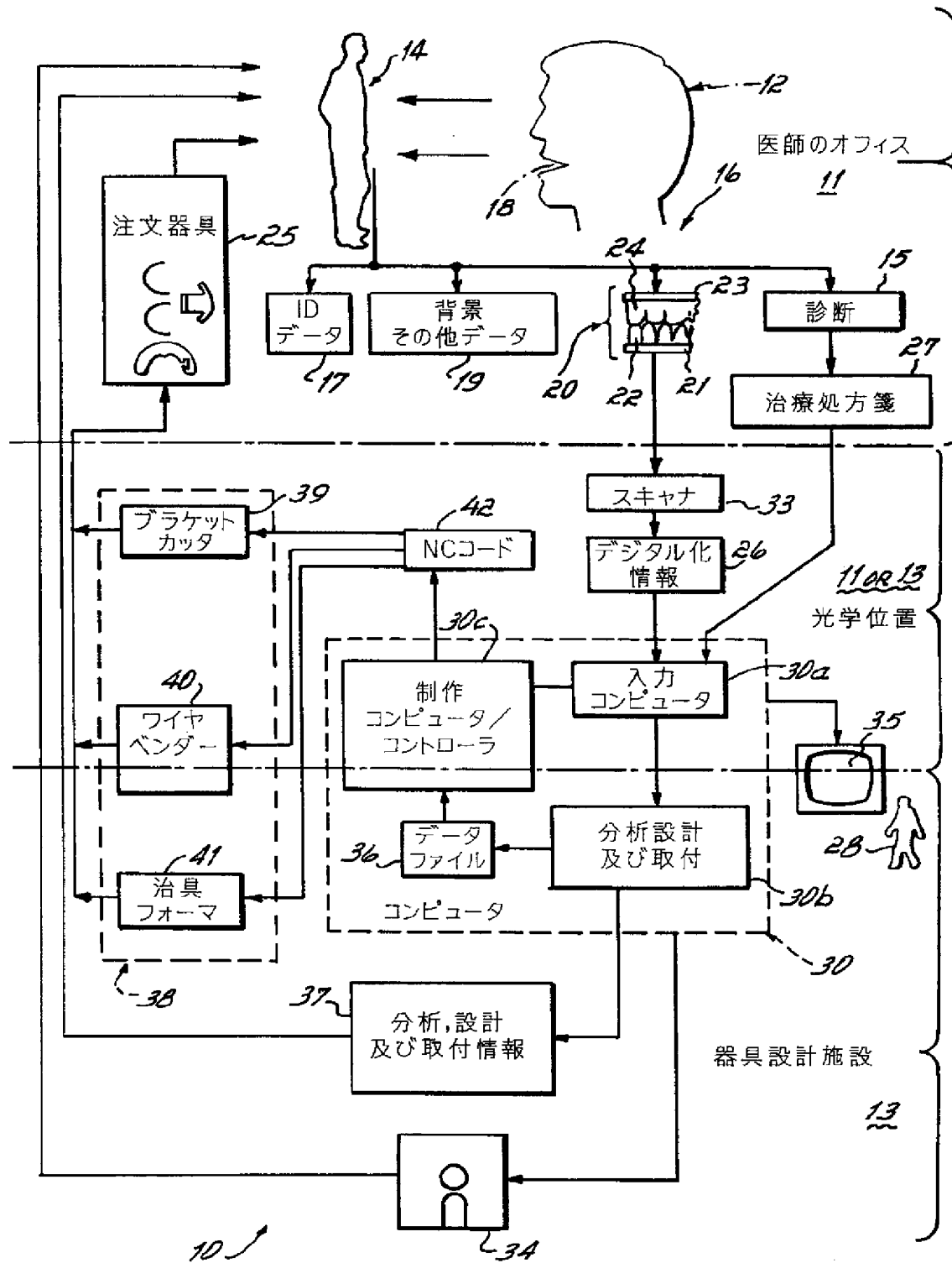


FIG. 1

【図1A】

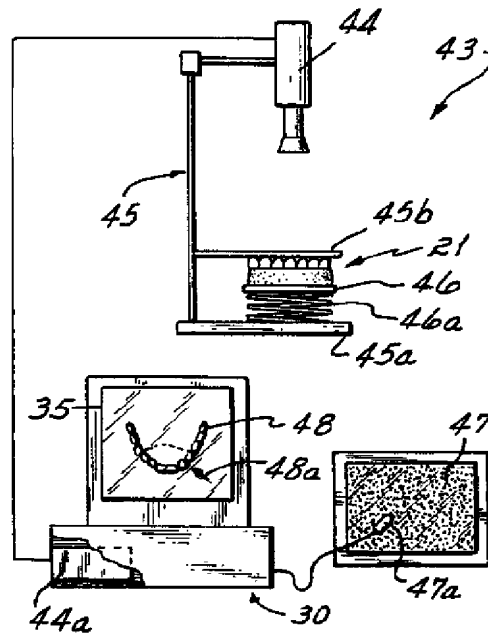


FIG. 1A

【図1B】

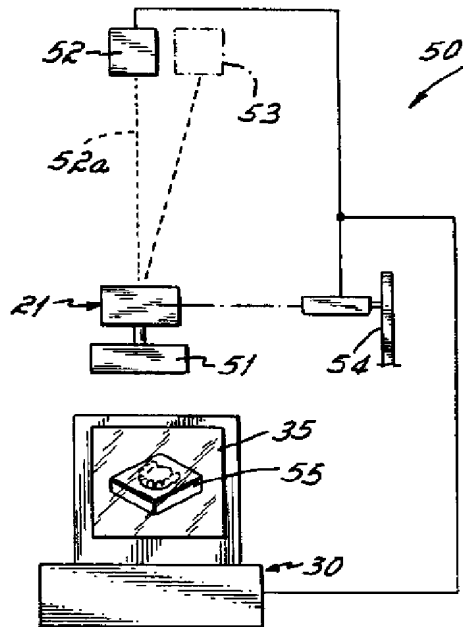
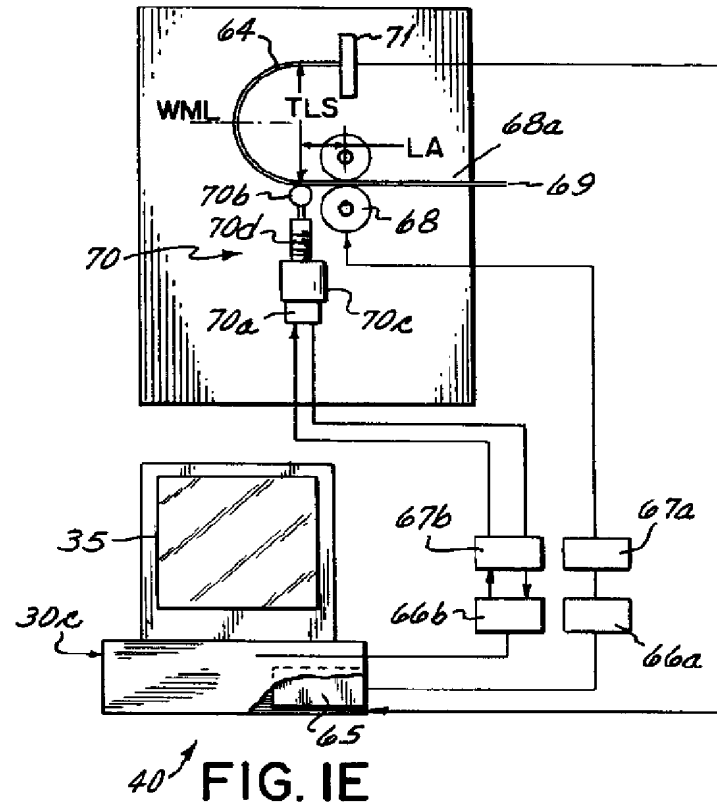


FIG. 1B

【図1E】



【図2】

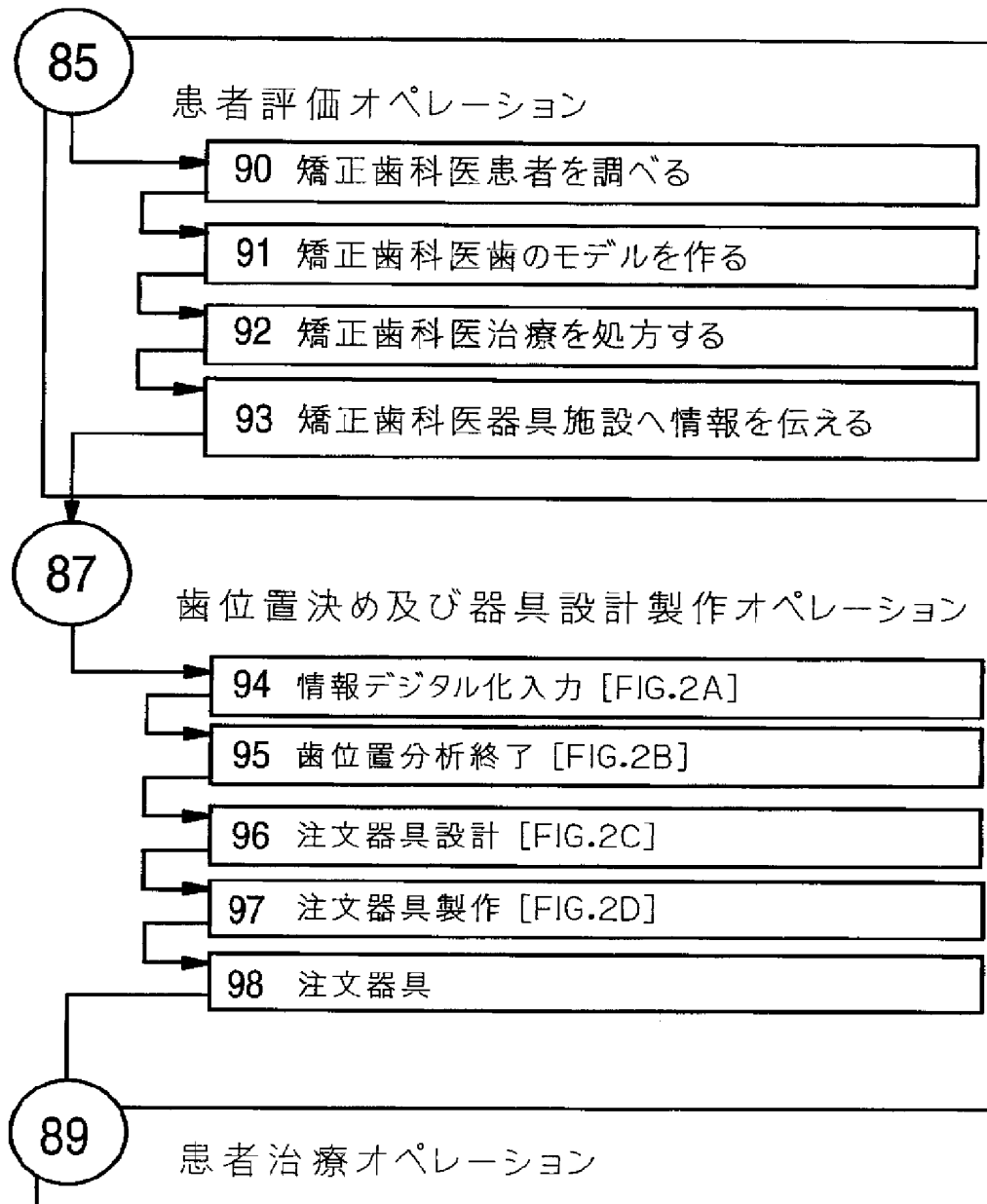


FIG. 2

【図2】

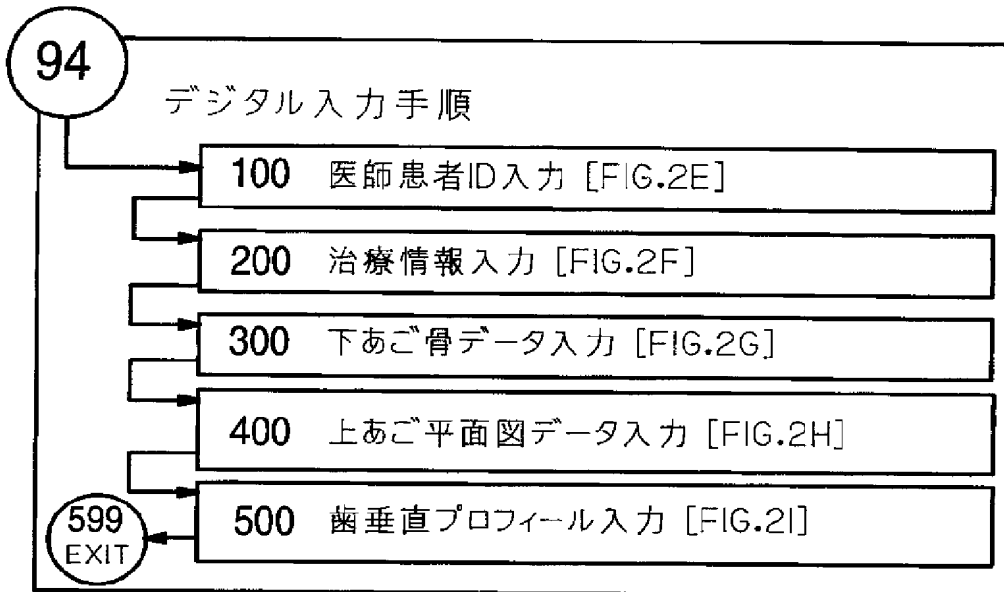


FIG. 2A

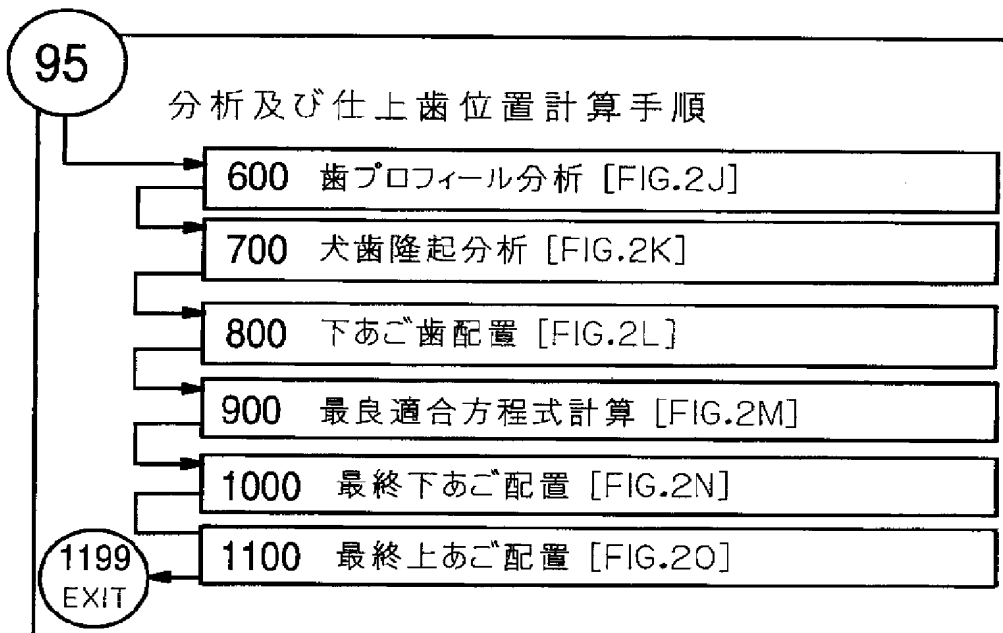


FIG. 2B

【図2】

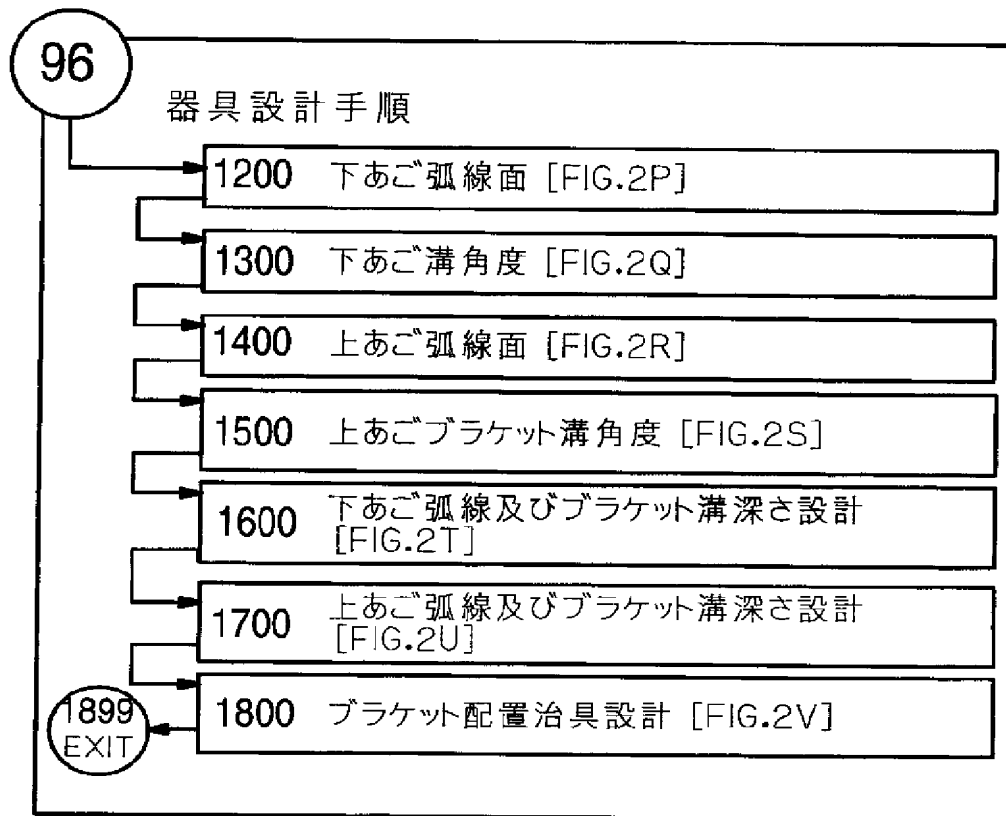


FIG. 2C

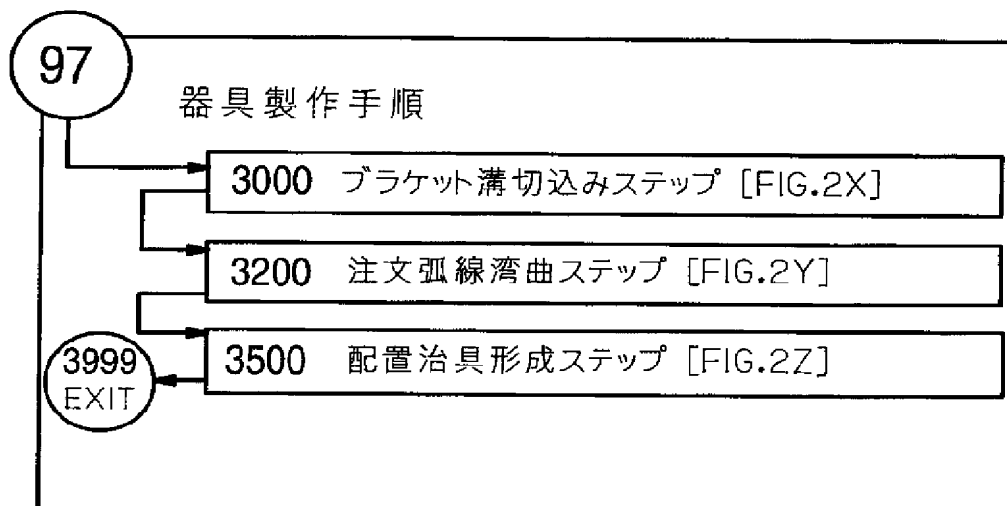


FIG. 2D

【 図 2 】

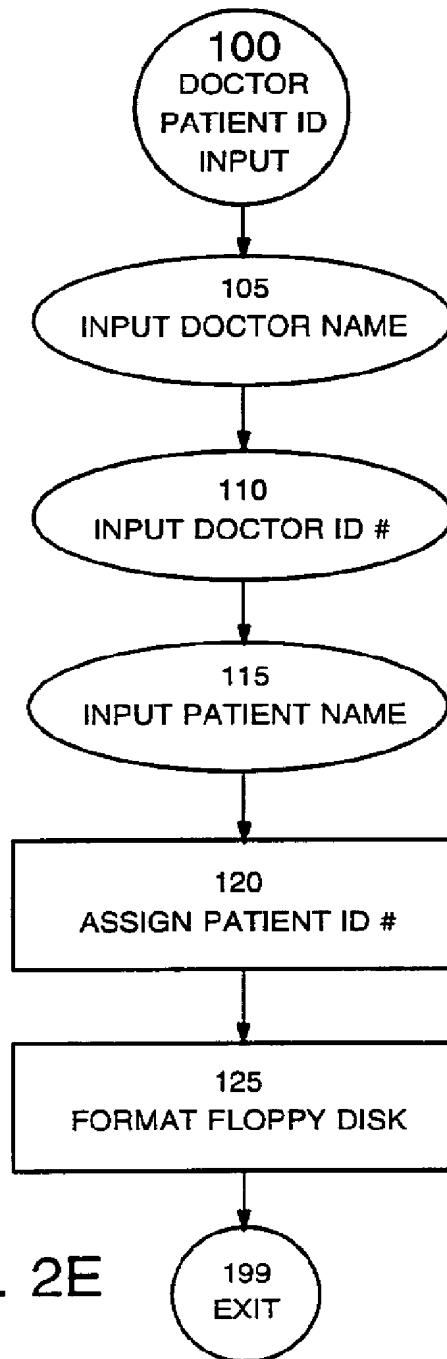
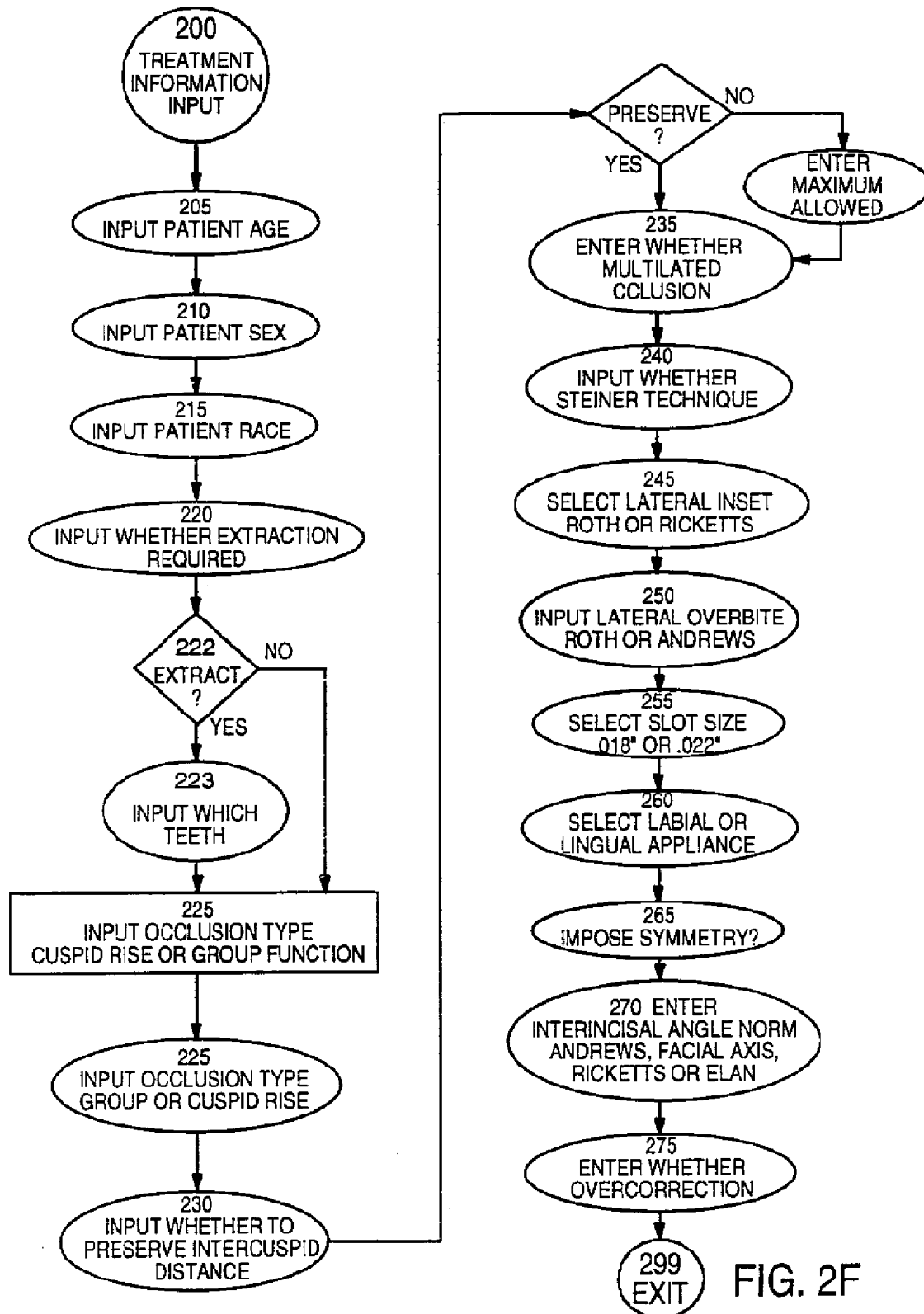


FIG. 2E

【 図 2 】



【 図 2 】

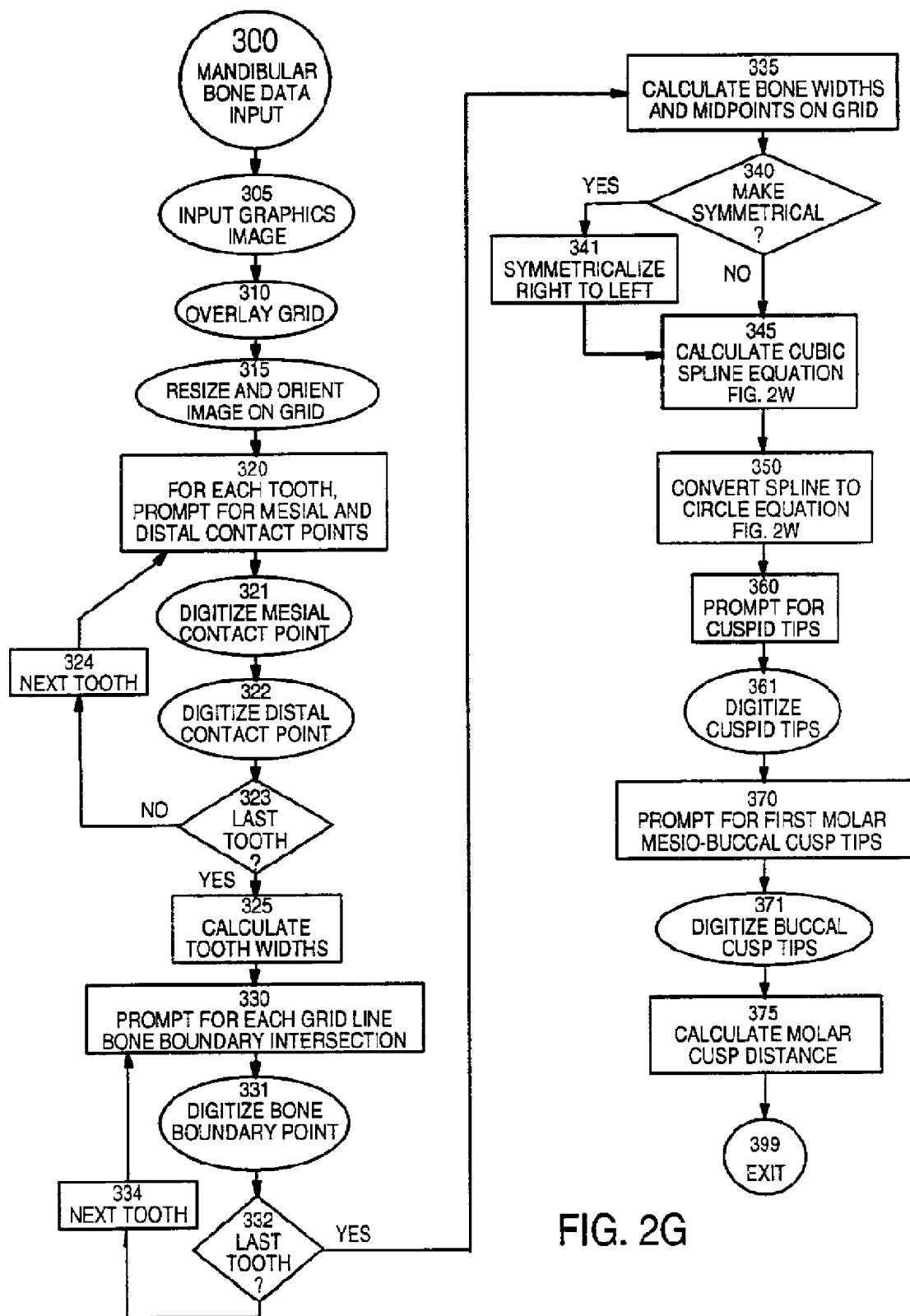


FIG. 2G

【图2】

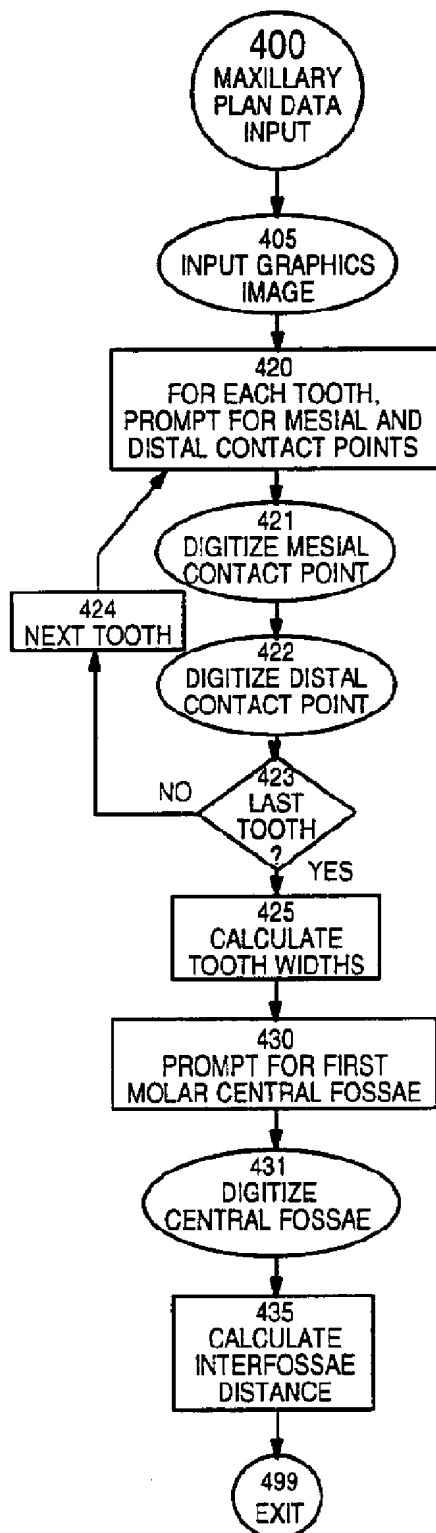


FIG. 2 H

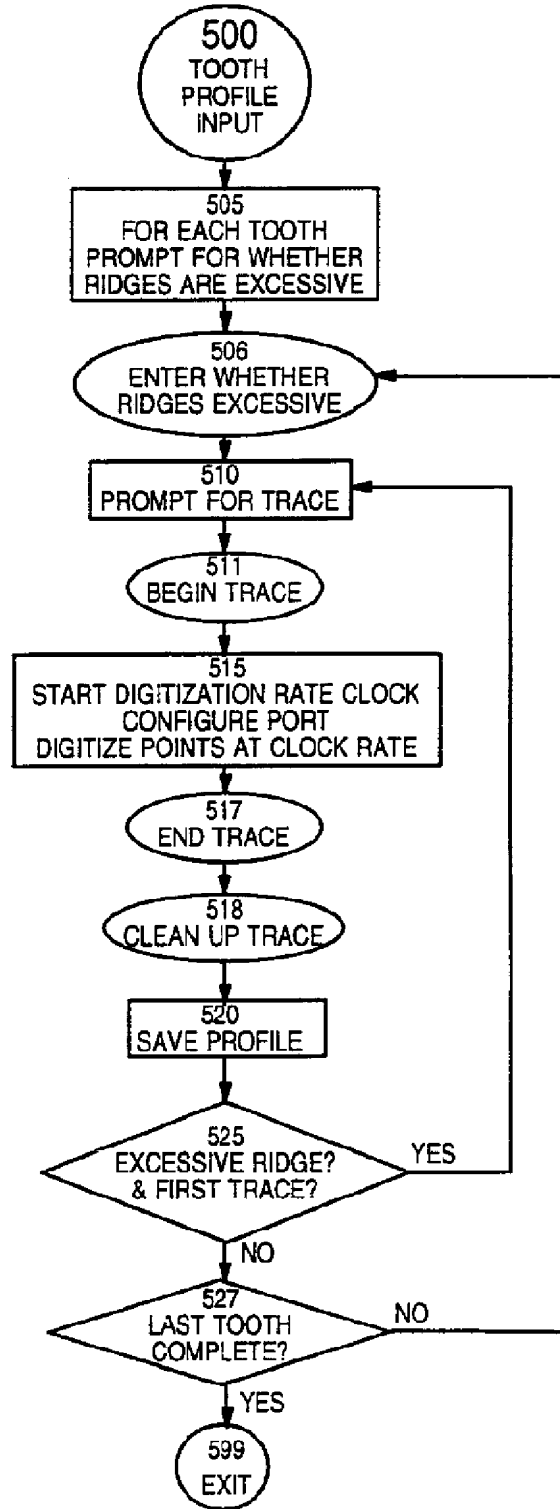
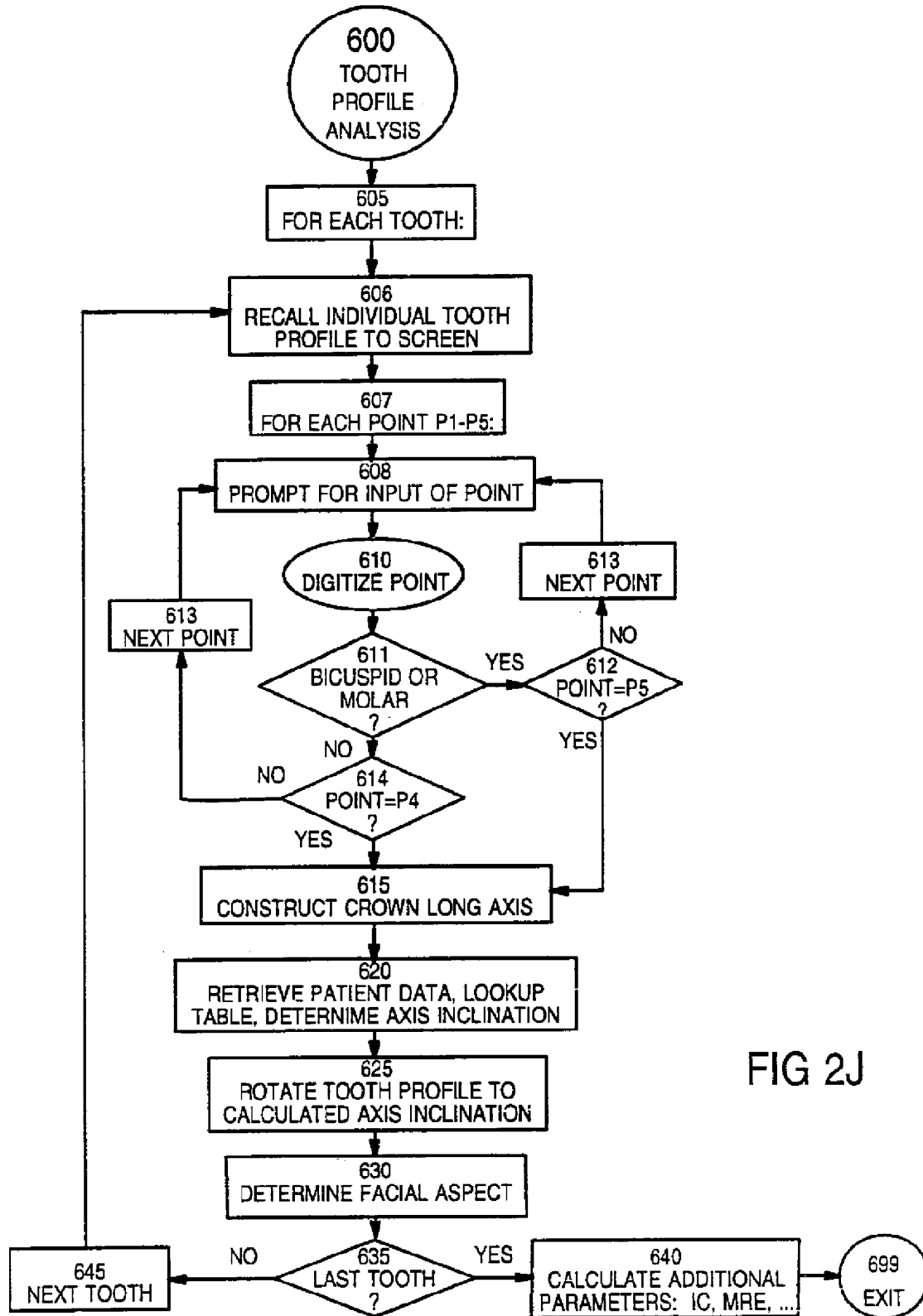


FIG. 2 I

【 図 2 】



【 図 2 】

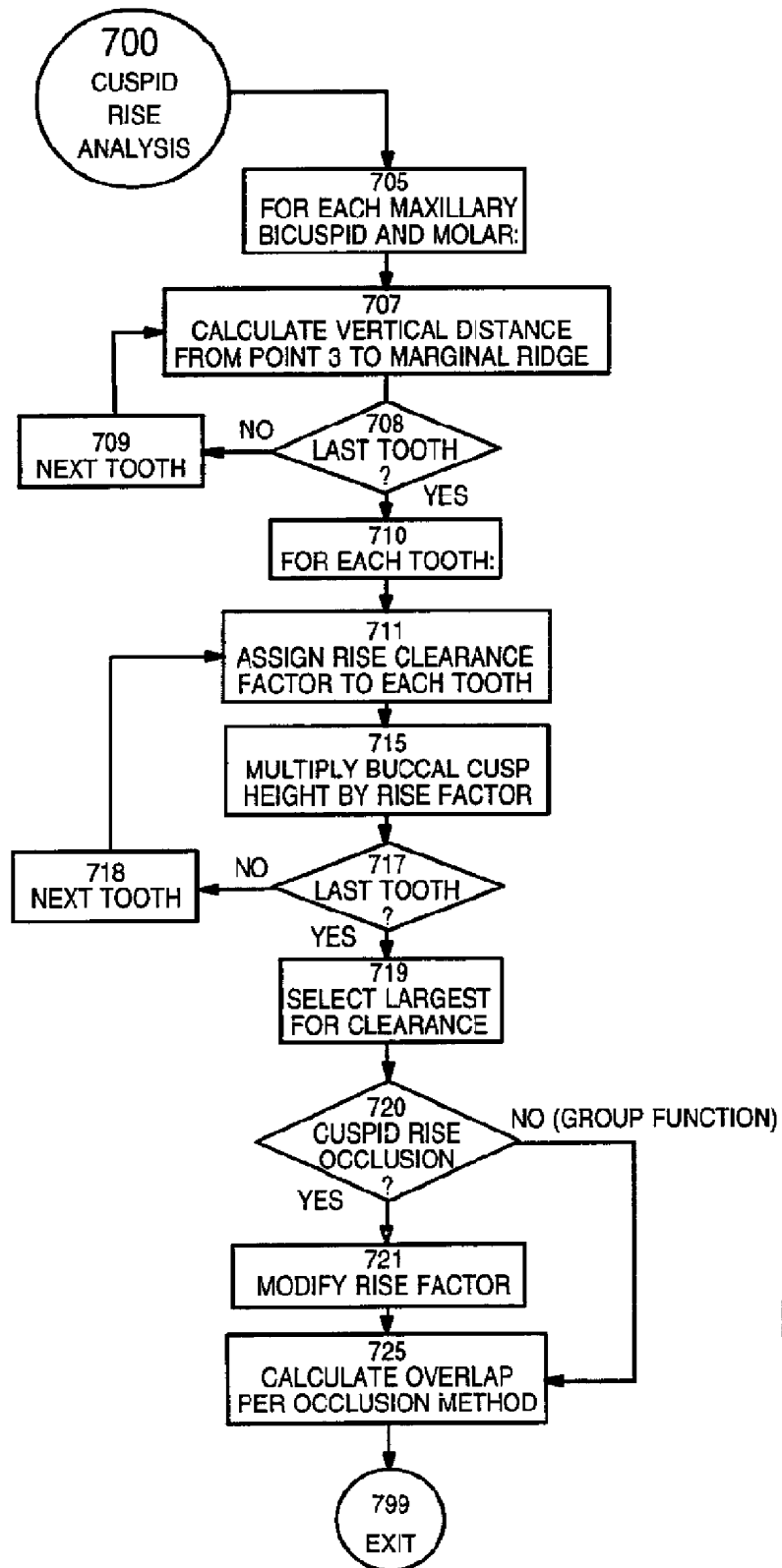


FIG. 2K

【 図 2 】

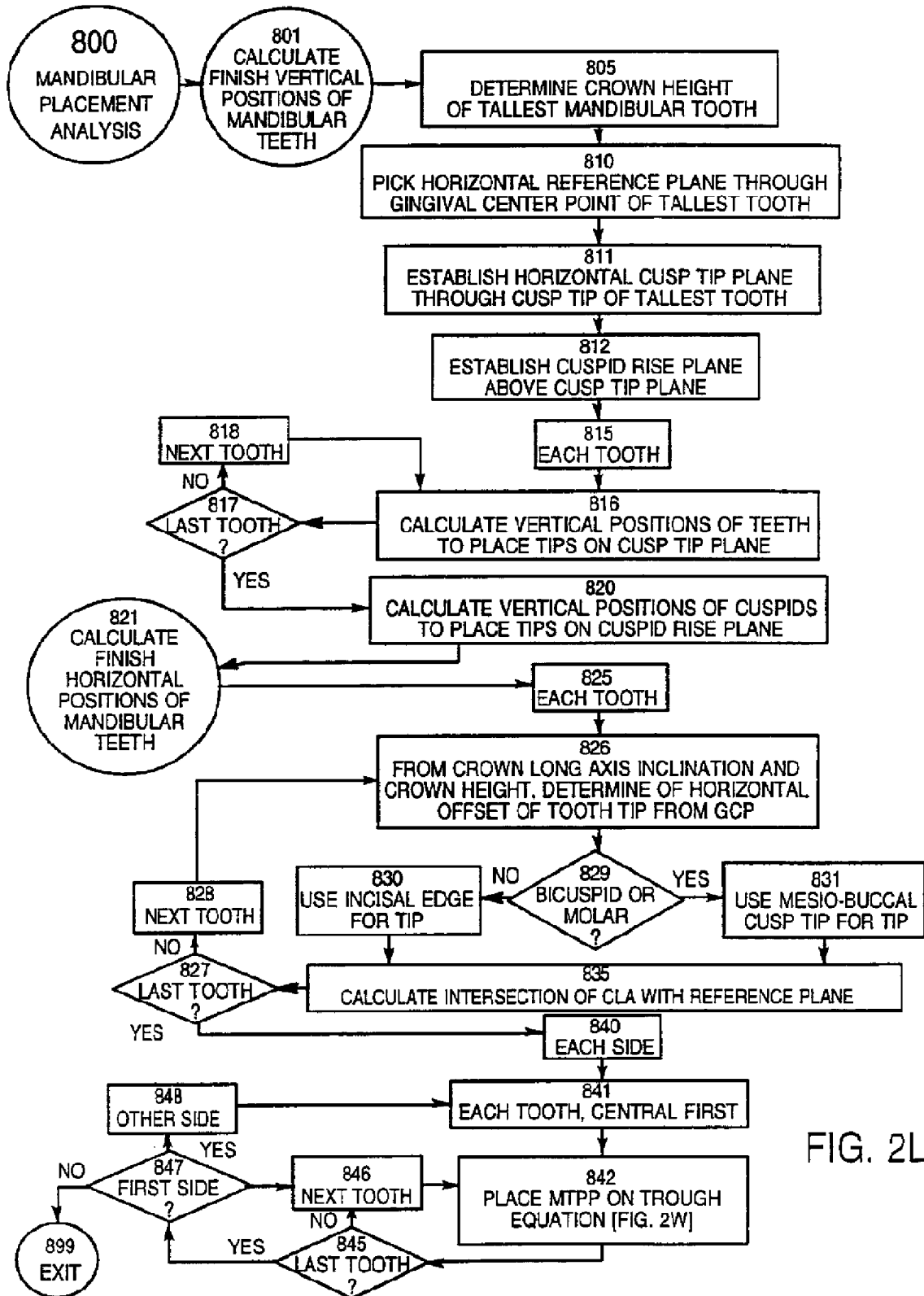


FIG. 2L

【 図 2 】

FIG. 2M

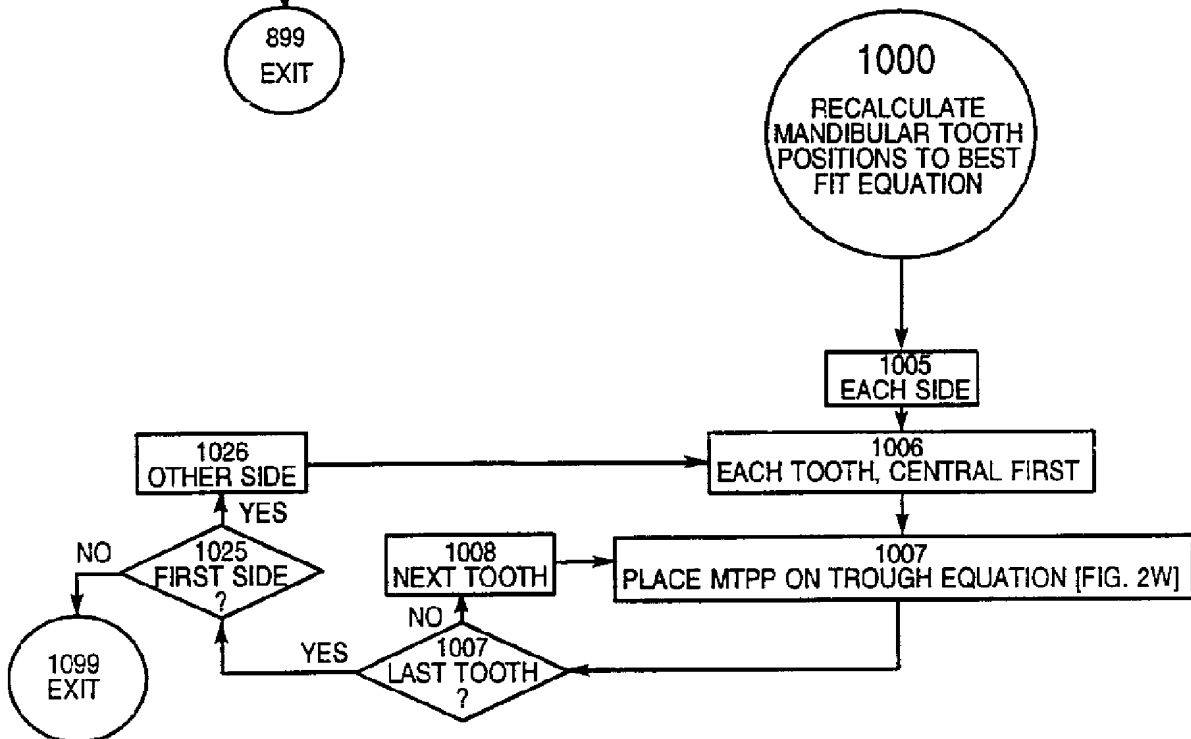
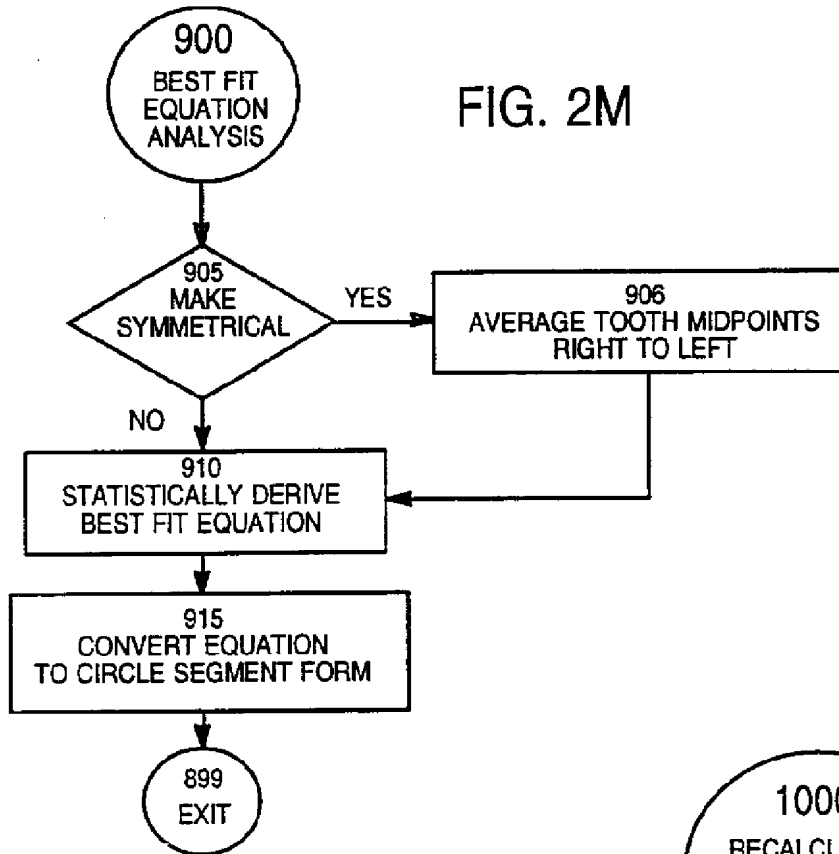


FIG. 2N

【 図 2 】

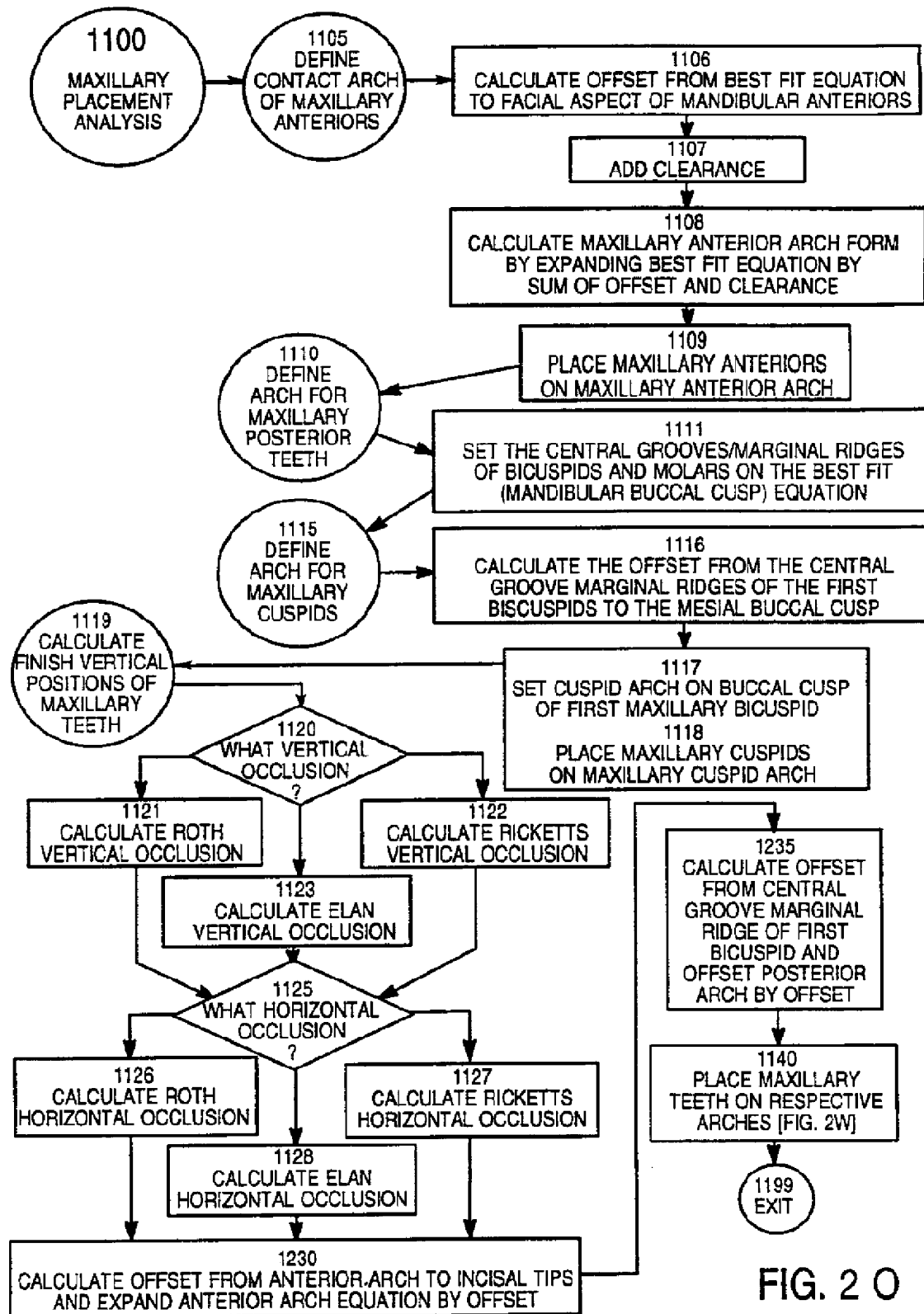


FIG. 2 O

【 図 2 】

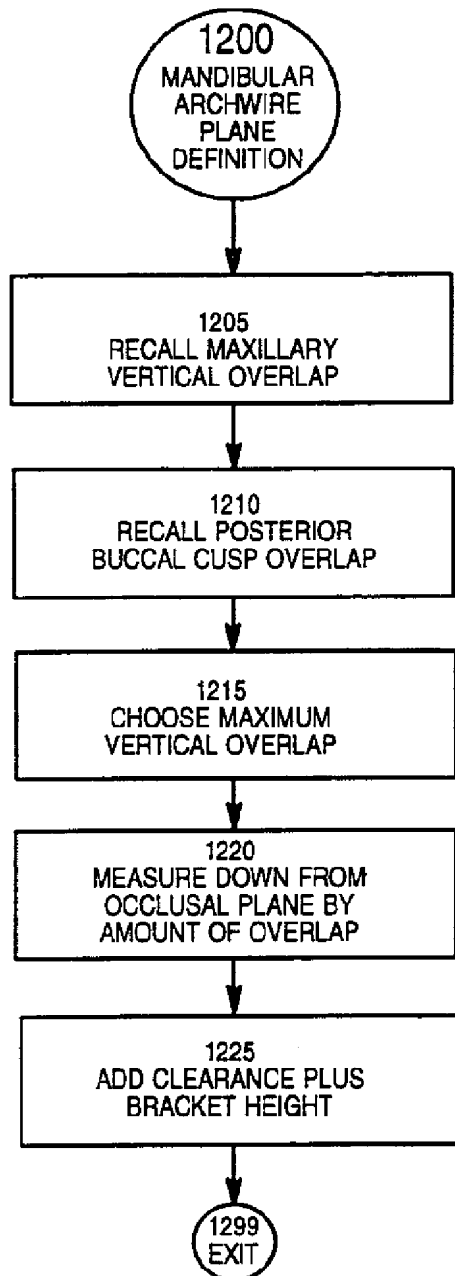


FIG. 2P

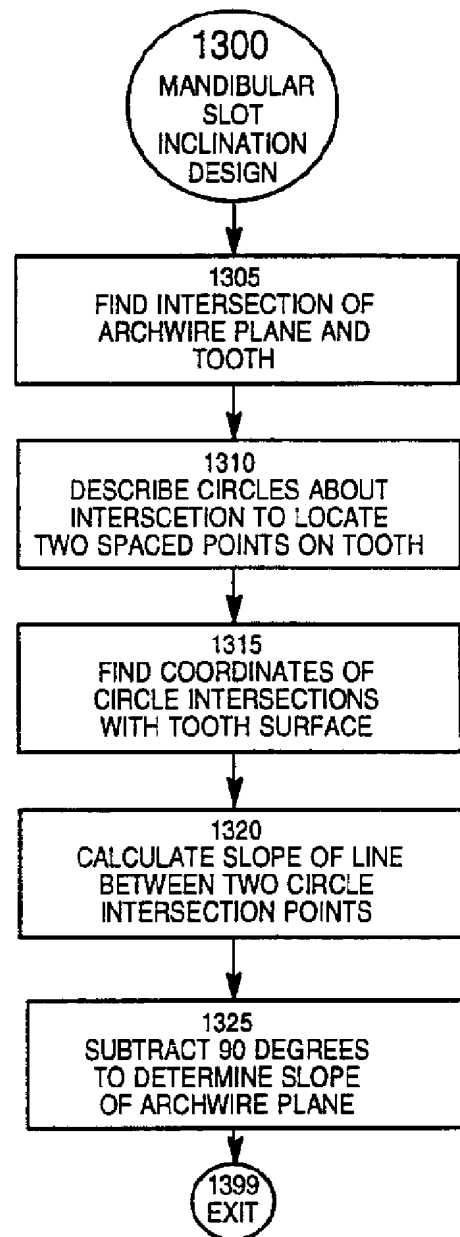


FIG. 2Q

【 図 2 】

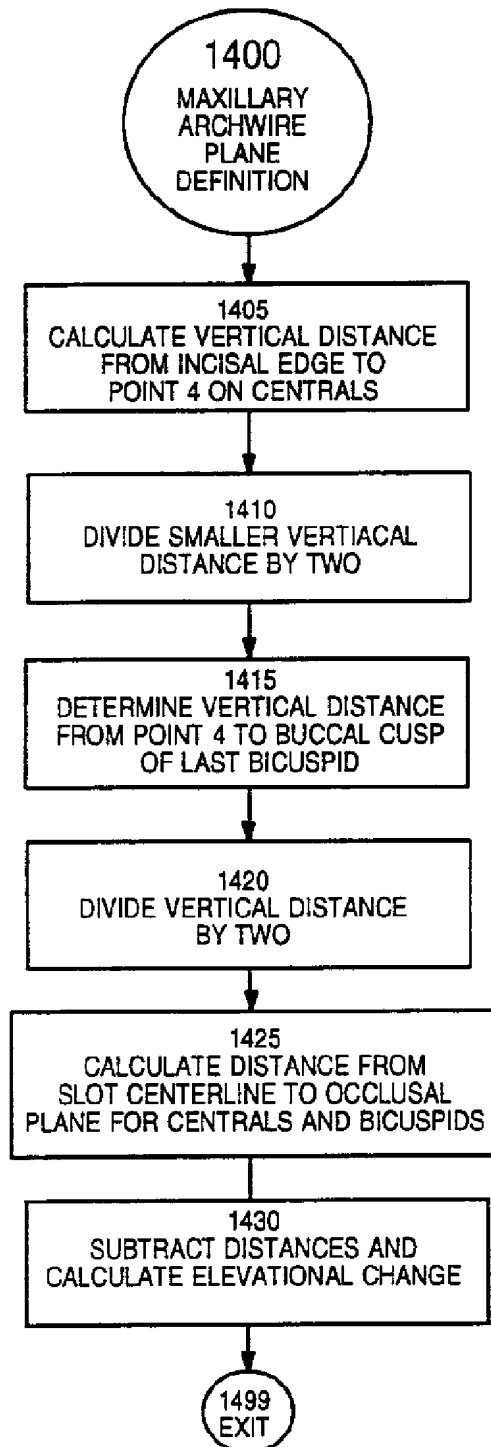


FIG. 2R

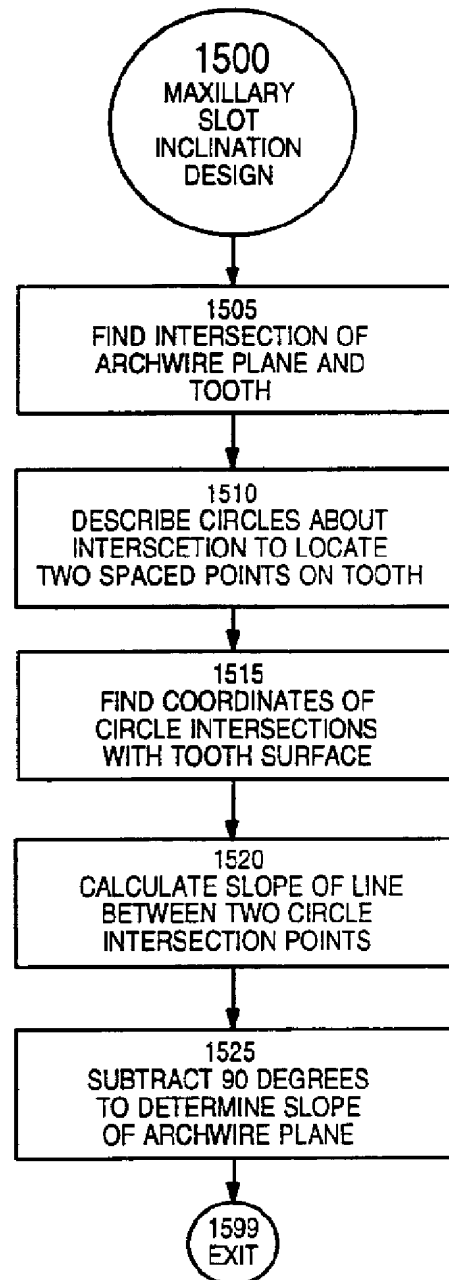


FIG. 2S

【 図 2 】

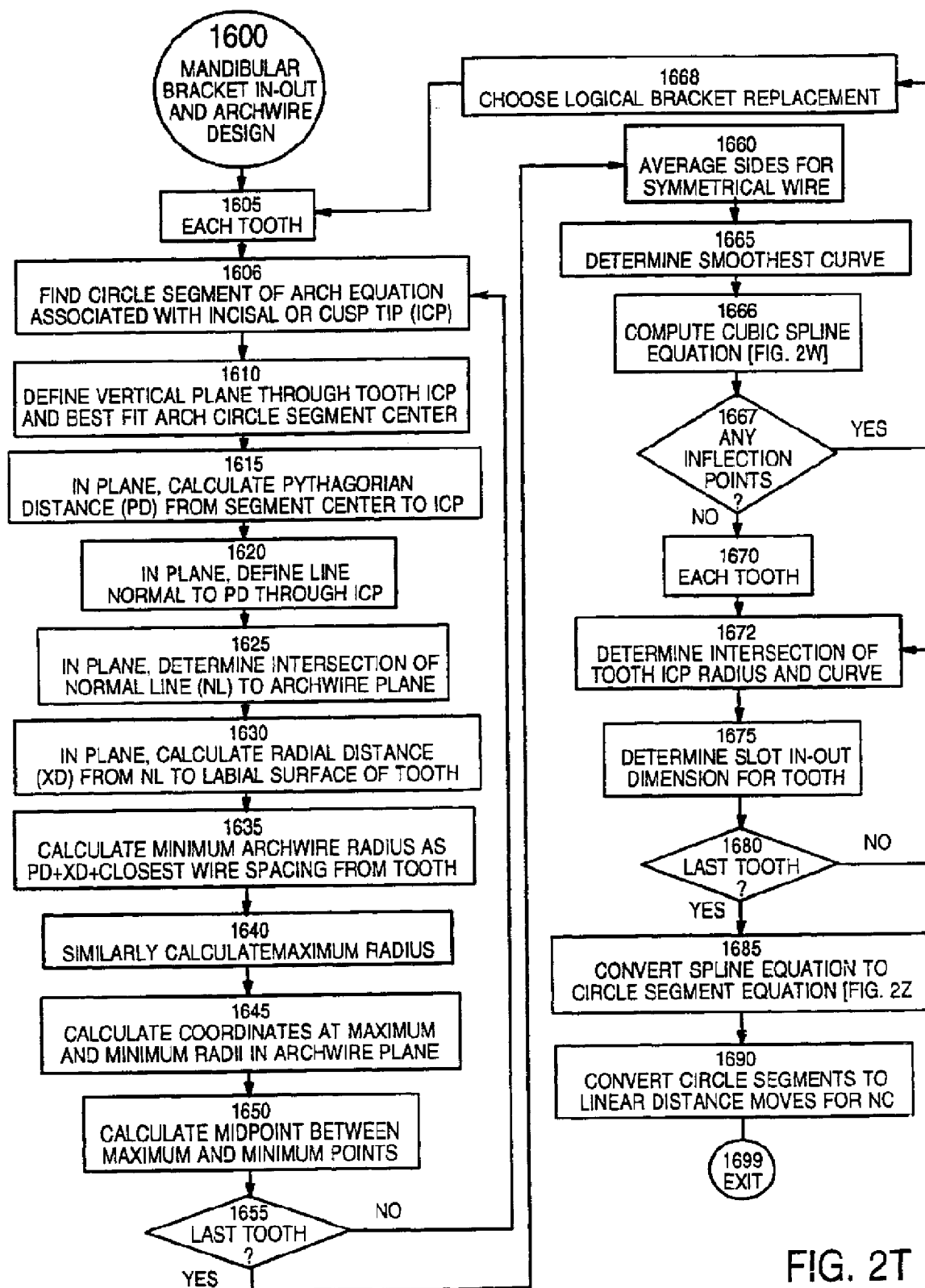


FIG. 2T

【图2】

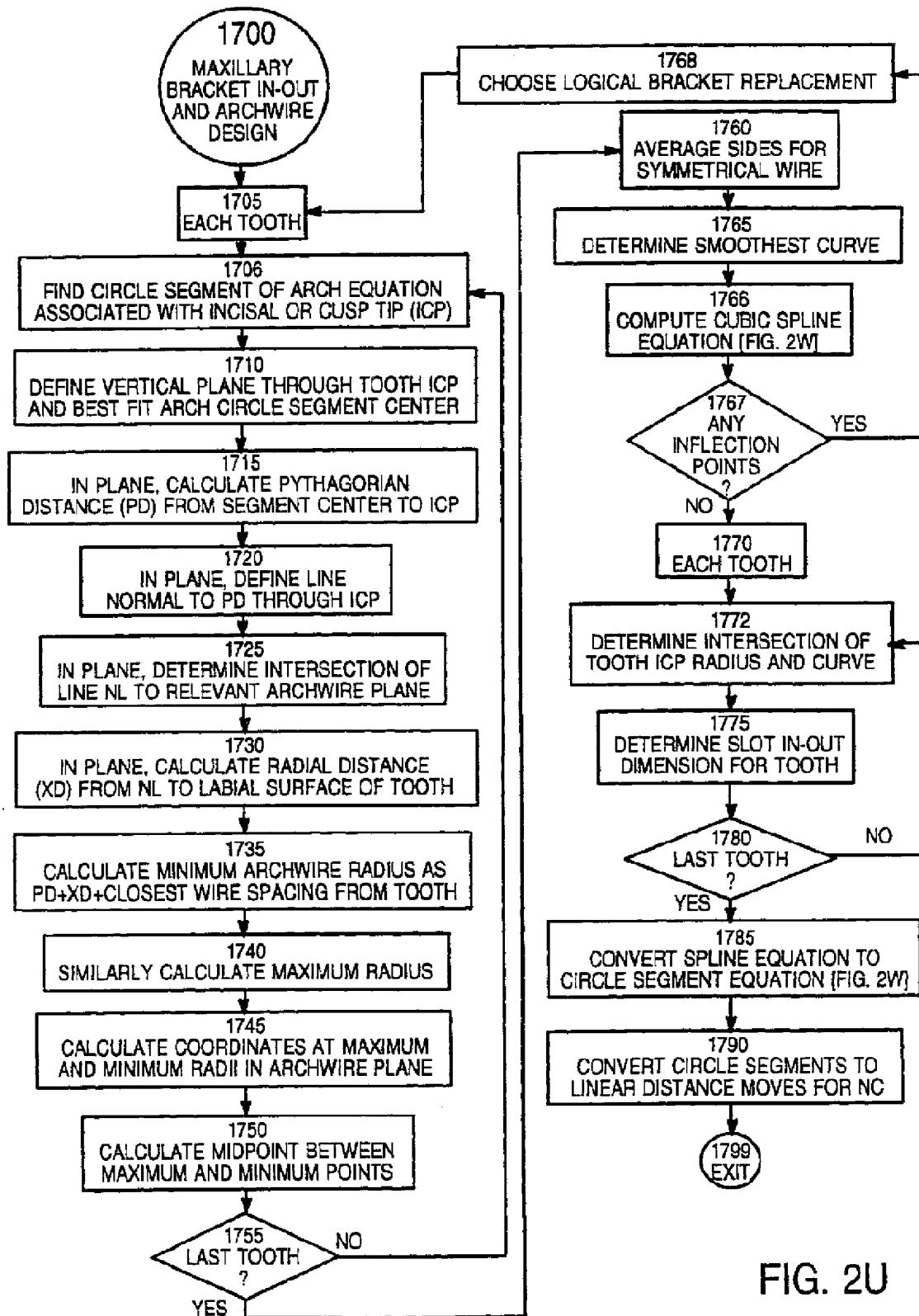


FIG. 2U

【 図 2 】

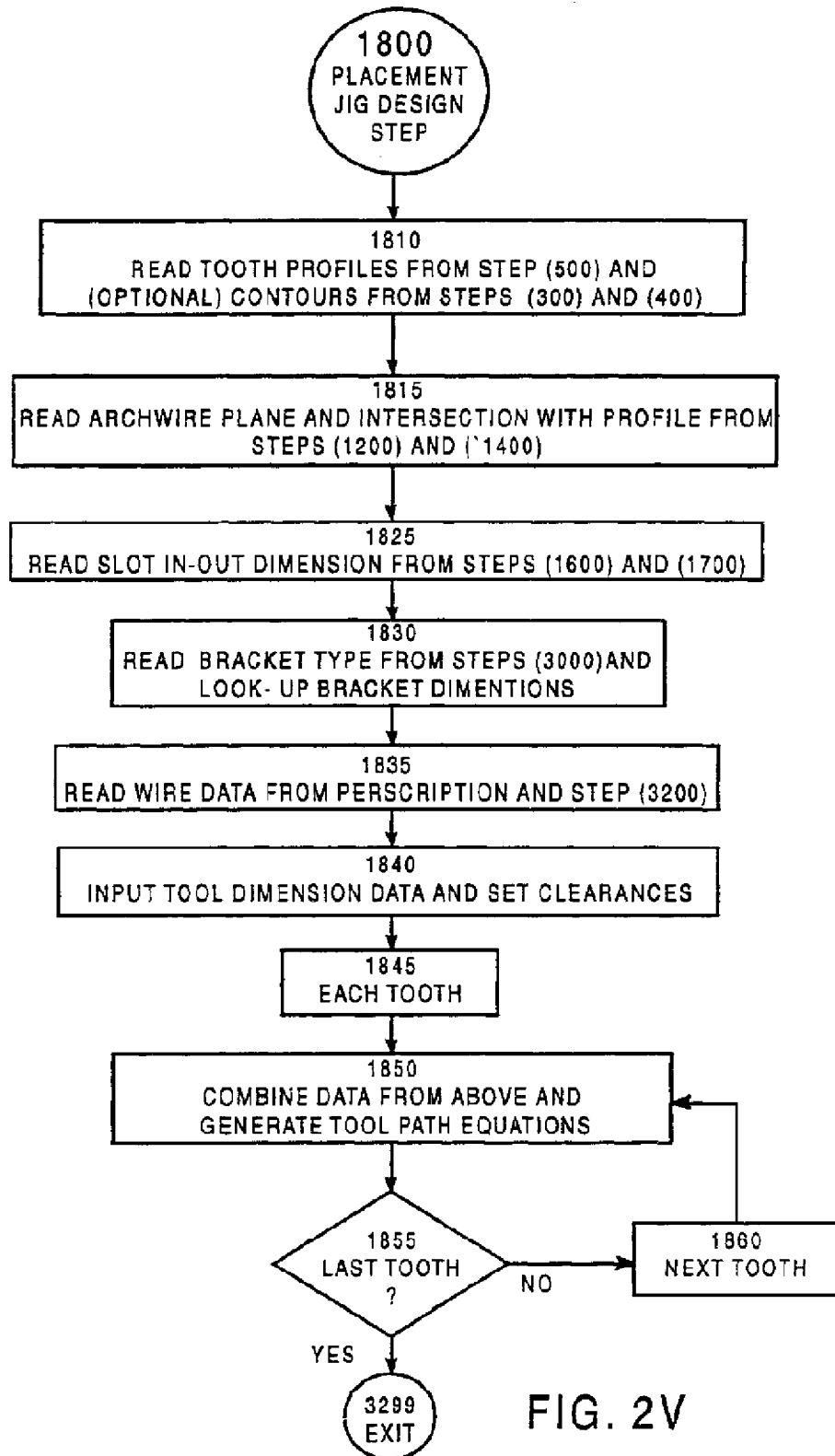


FIG. 2V

【 図 2 】

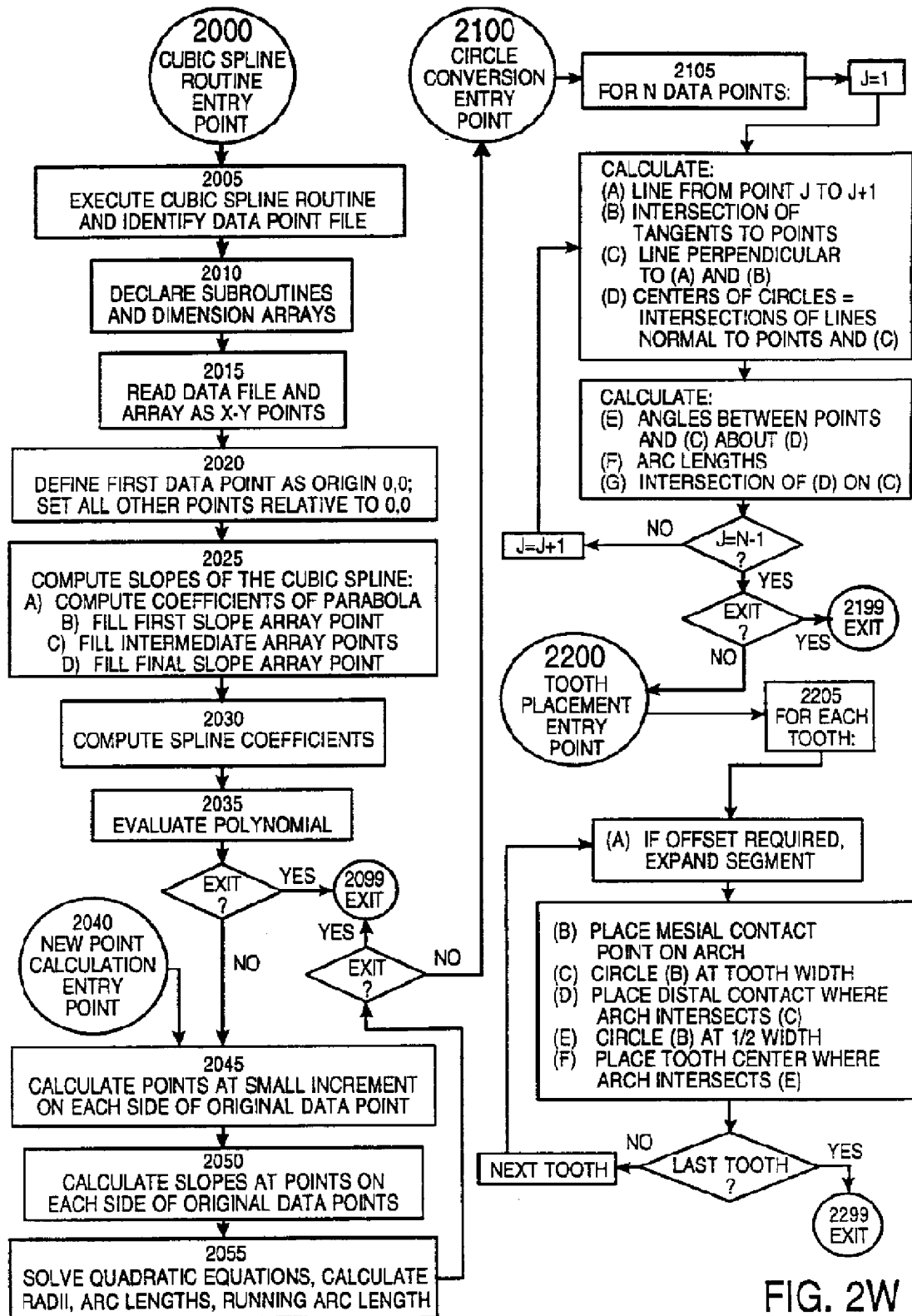


FIG. 2W

【 図 2 】

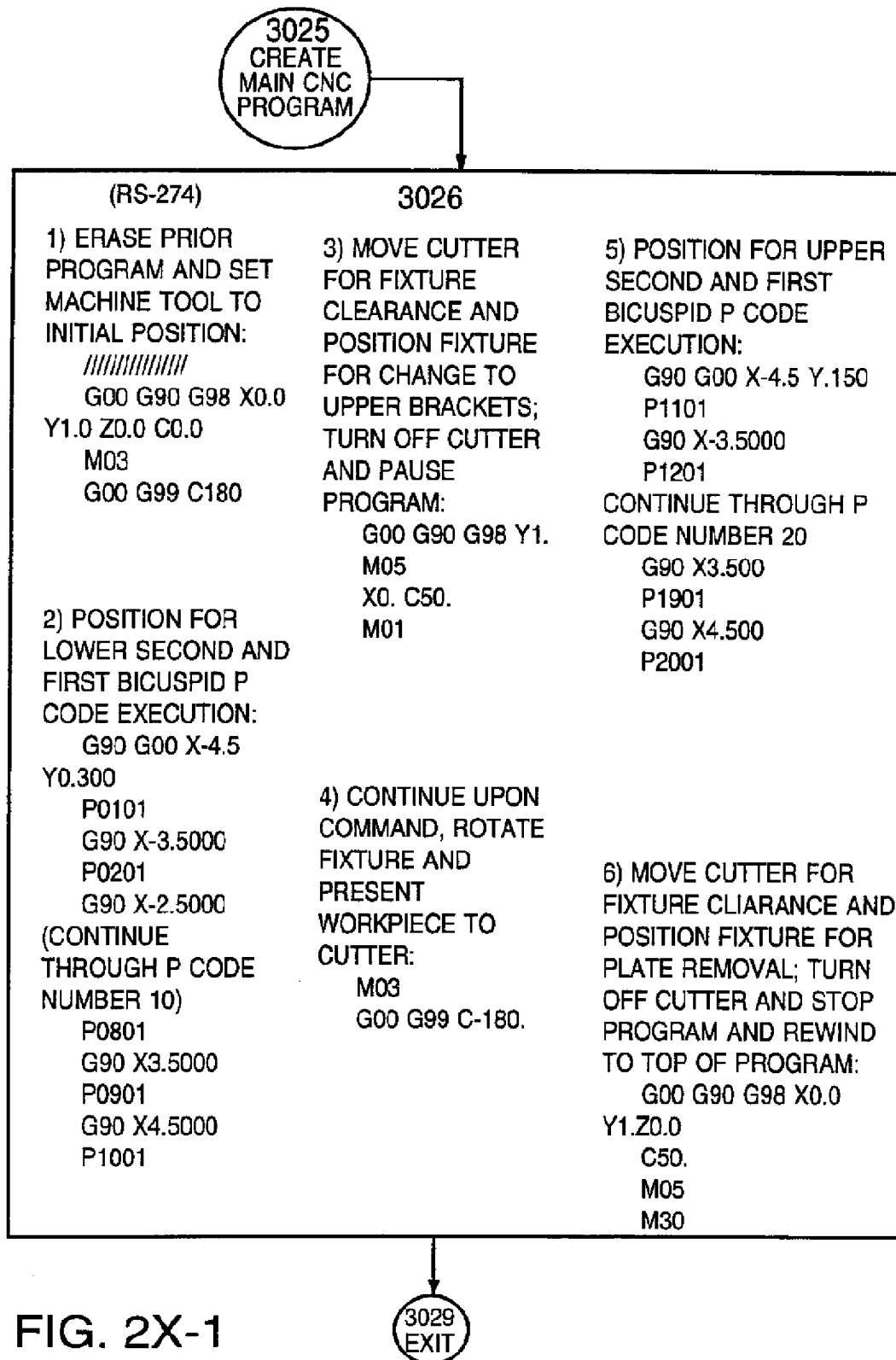


FIG. 2X-1

【 図 2 】

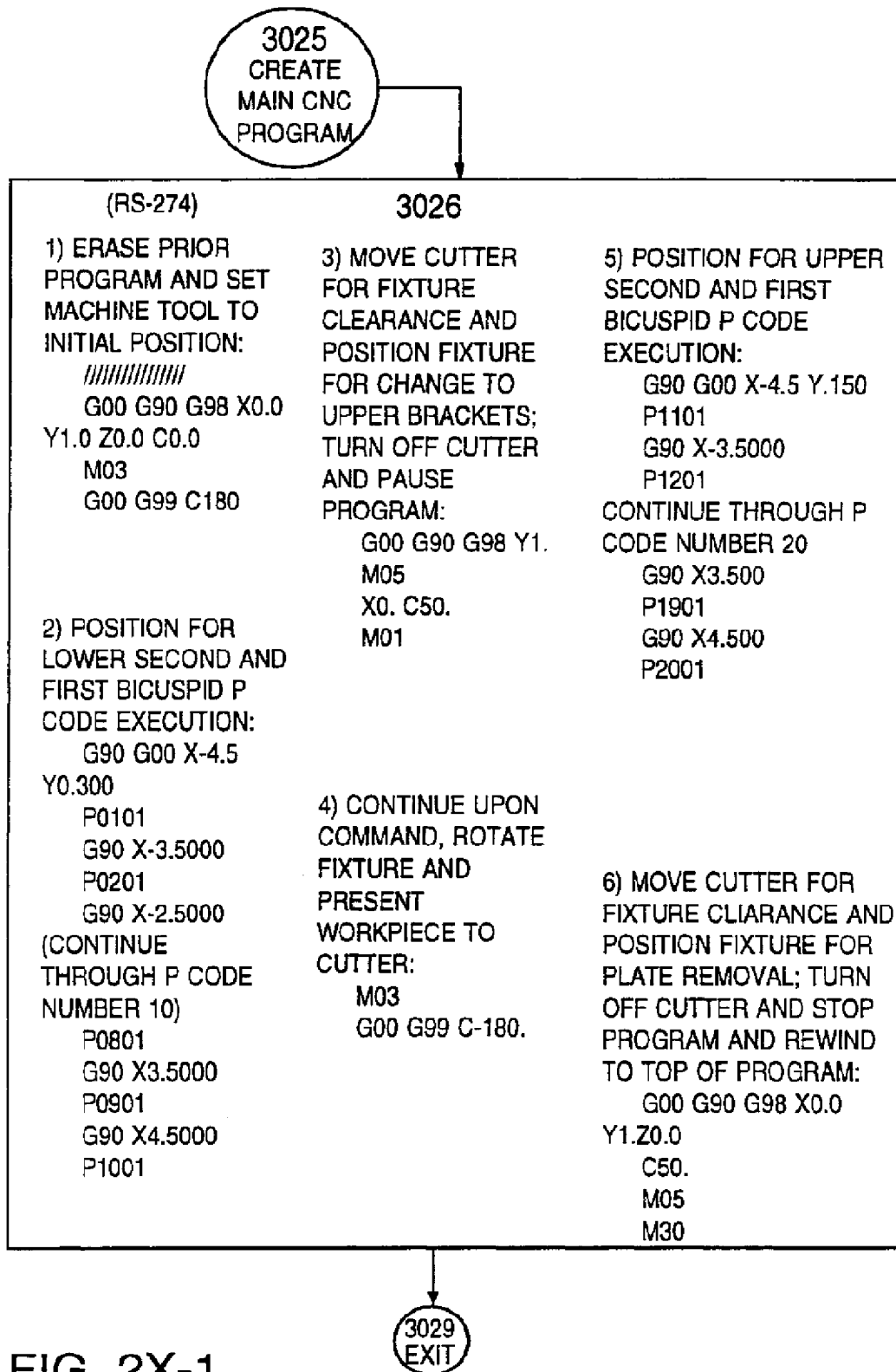
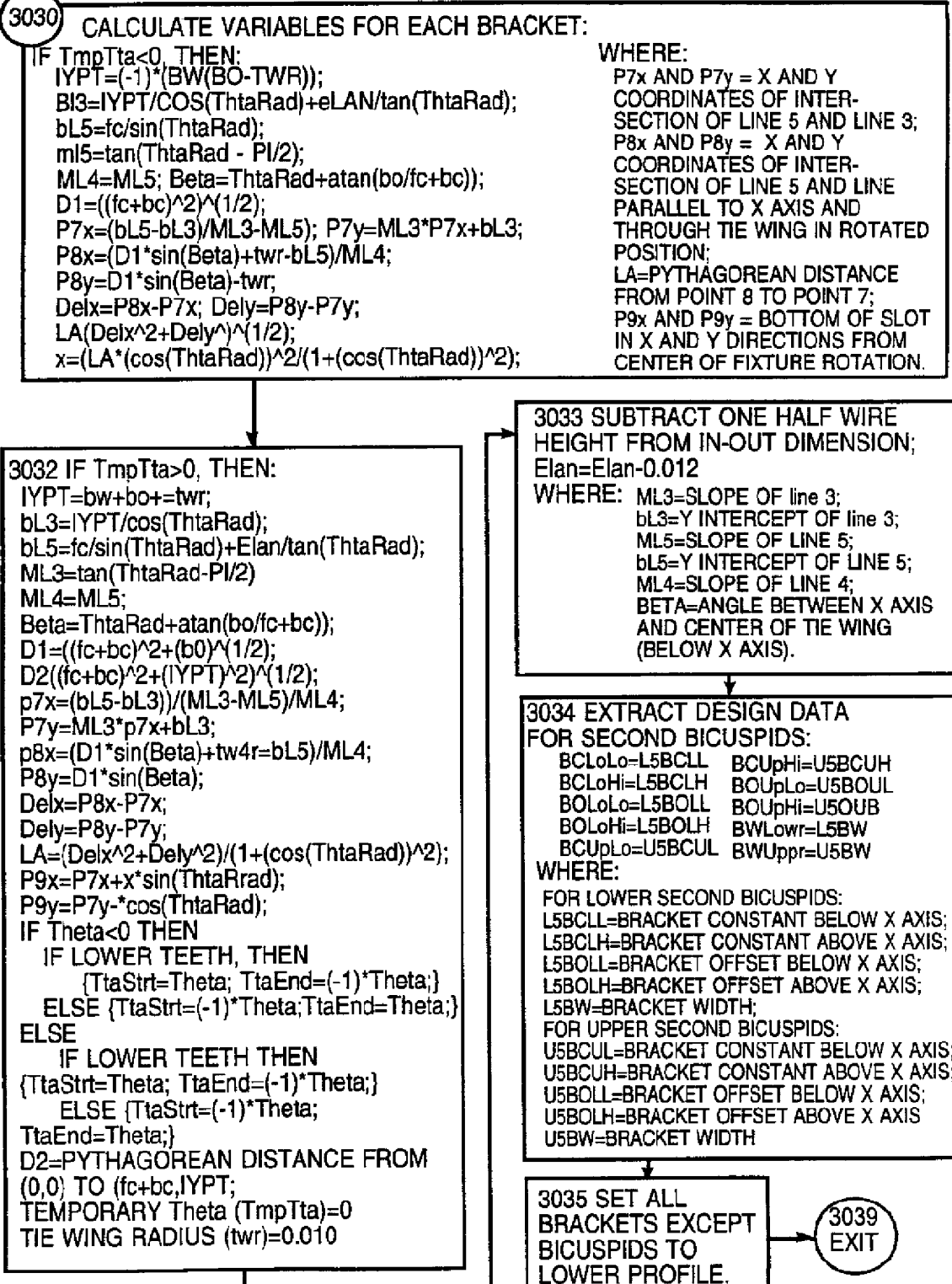


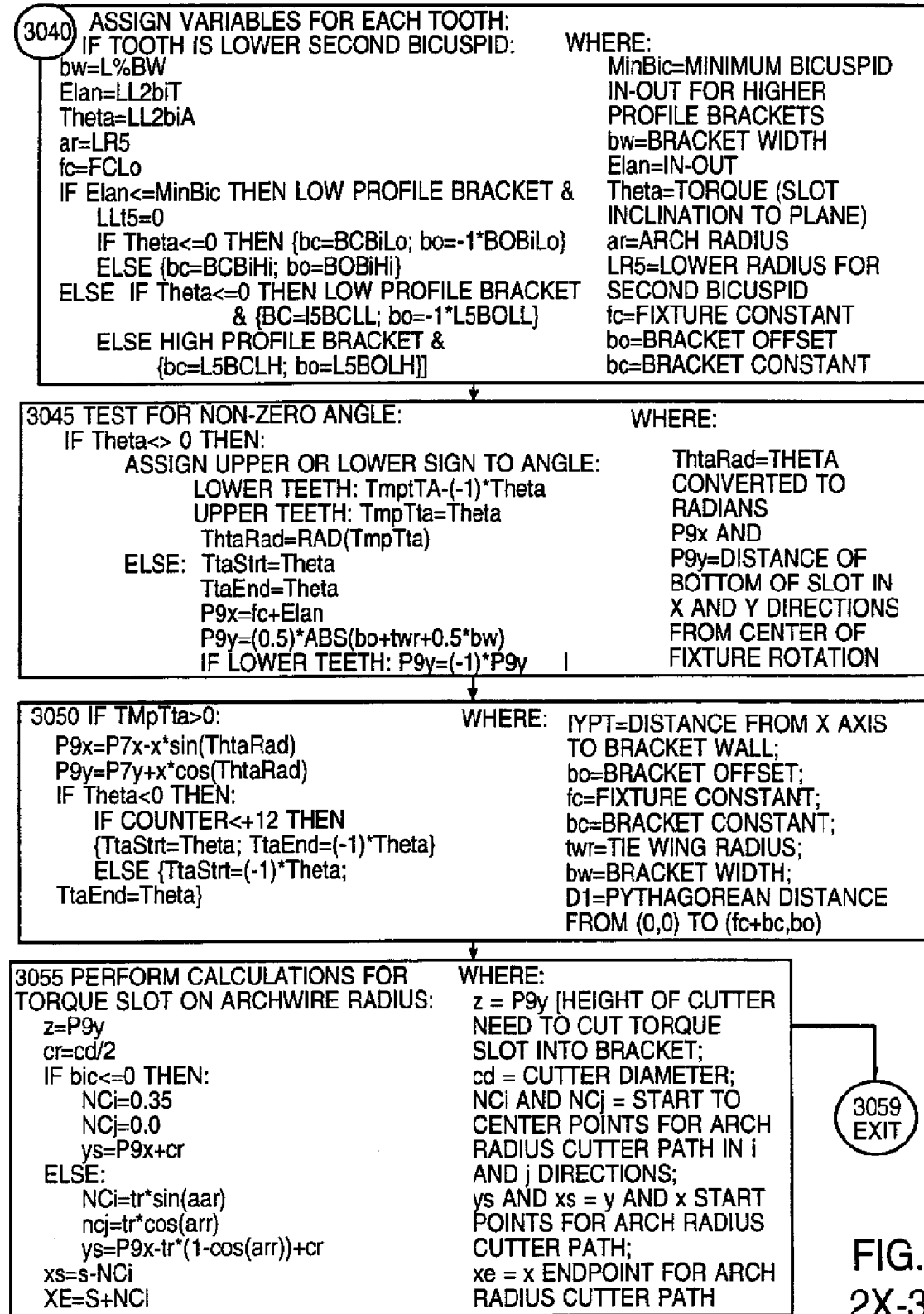
FIG. 2X-1

【 図 2 】

FIG. 2X-2



【 図 2 】

FIG.
2X-3

【 図 2 】

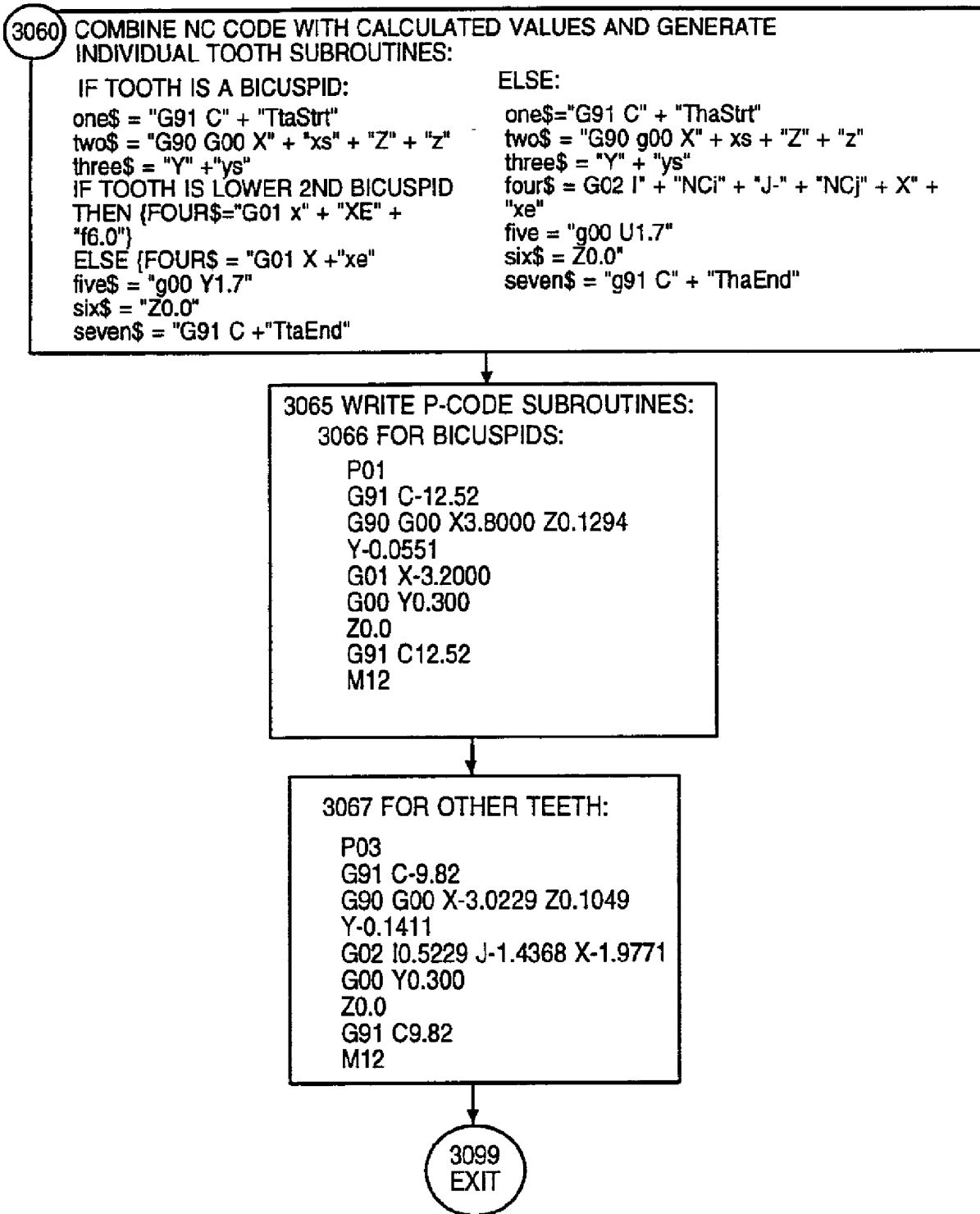


FIG. 2X-4

【 図 2 】

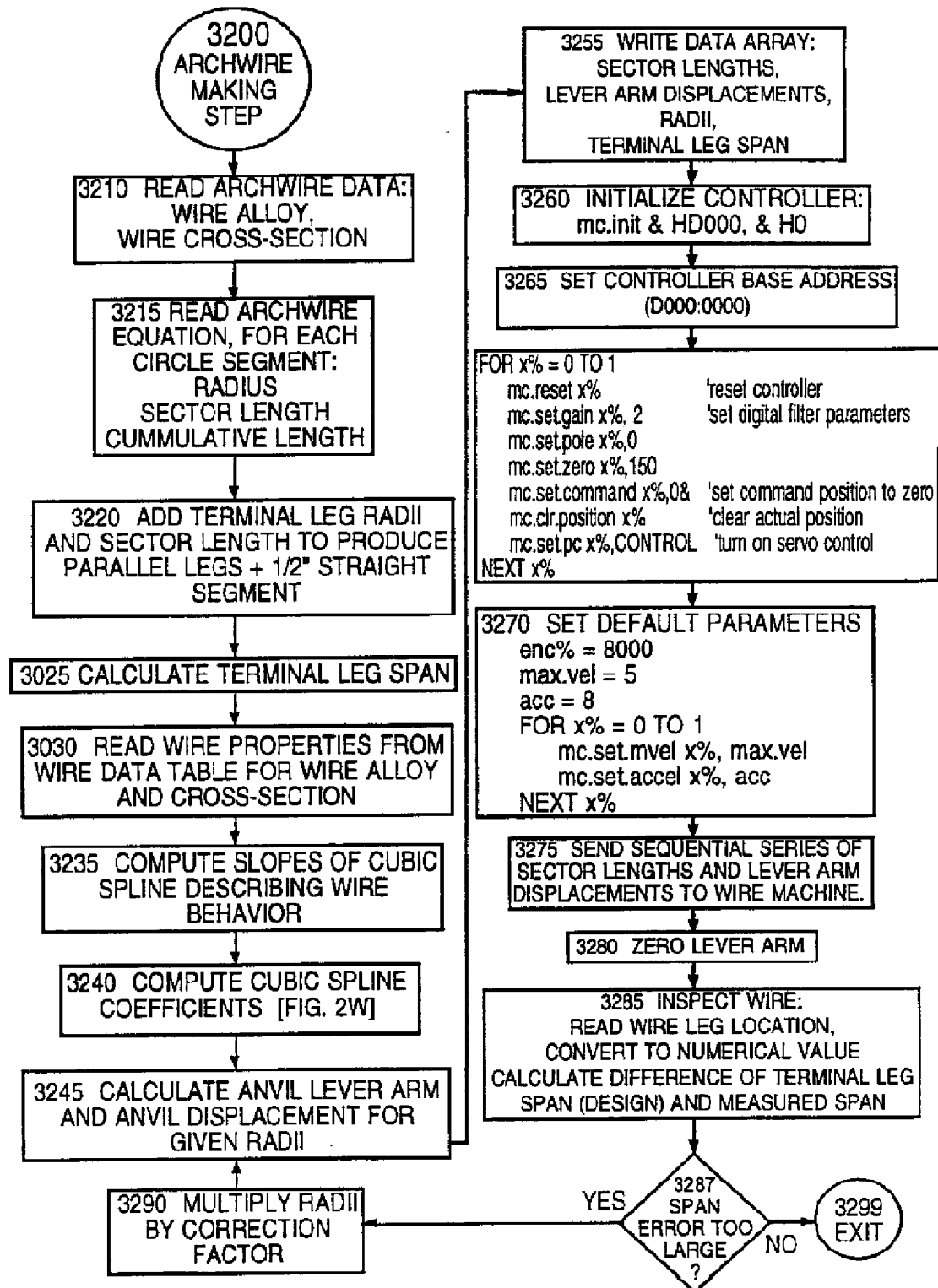


FIG. 2Y

【 図 2 】

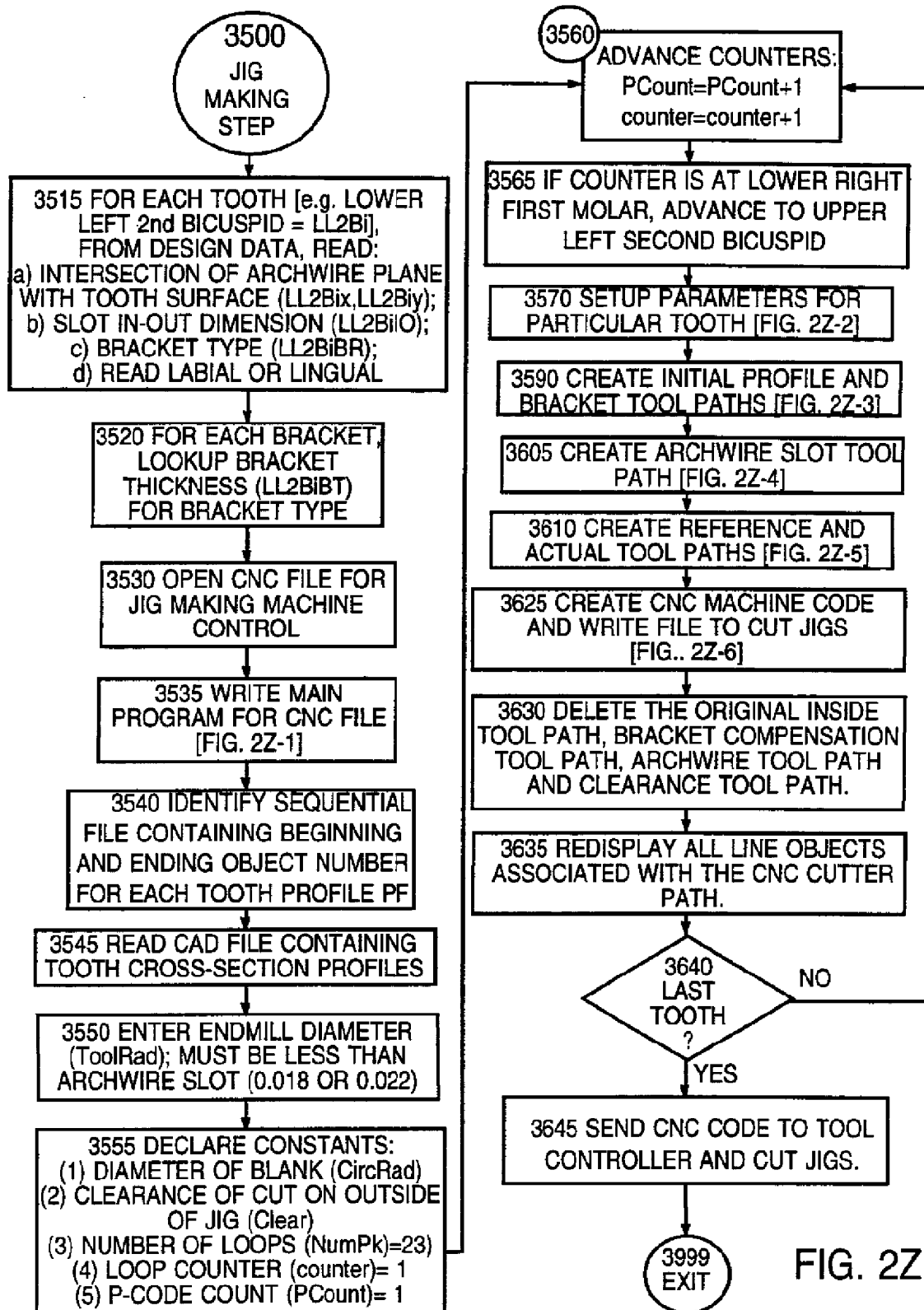


FIG. 2Z

【图2】

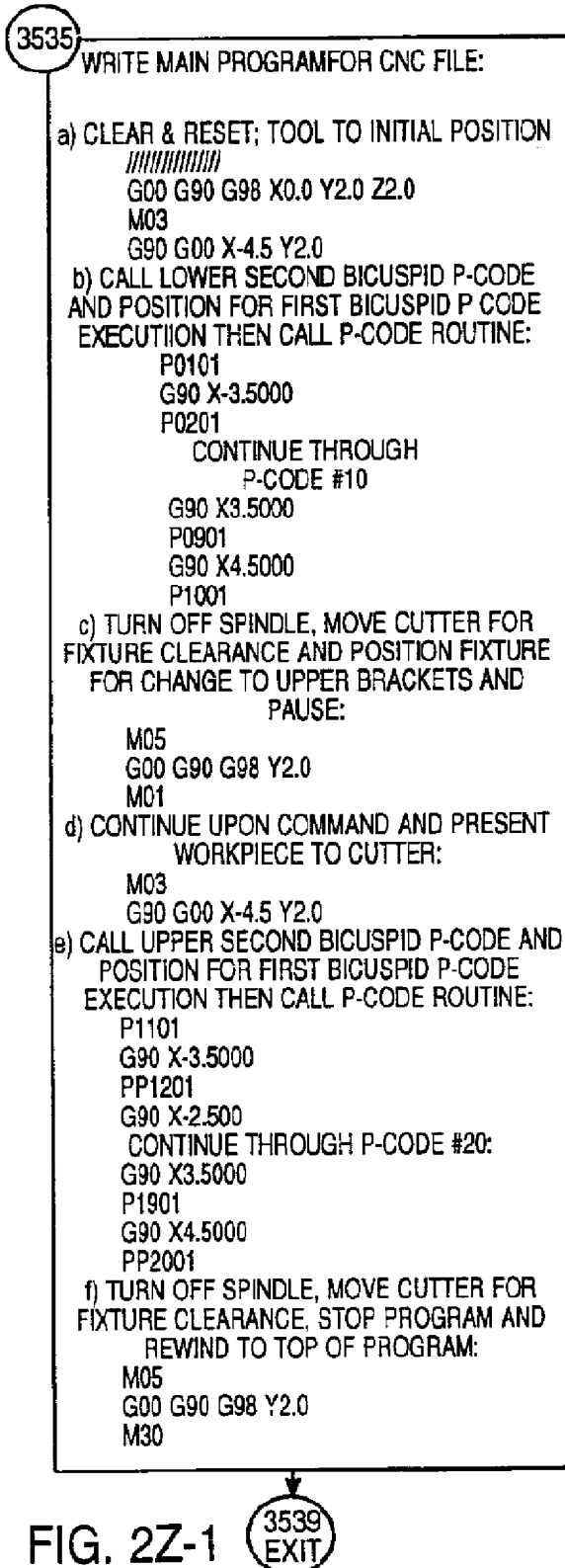


FIG. 2Z-1

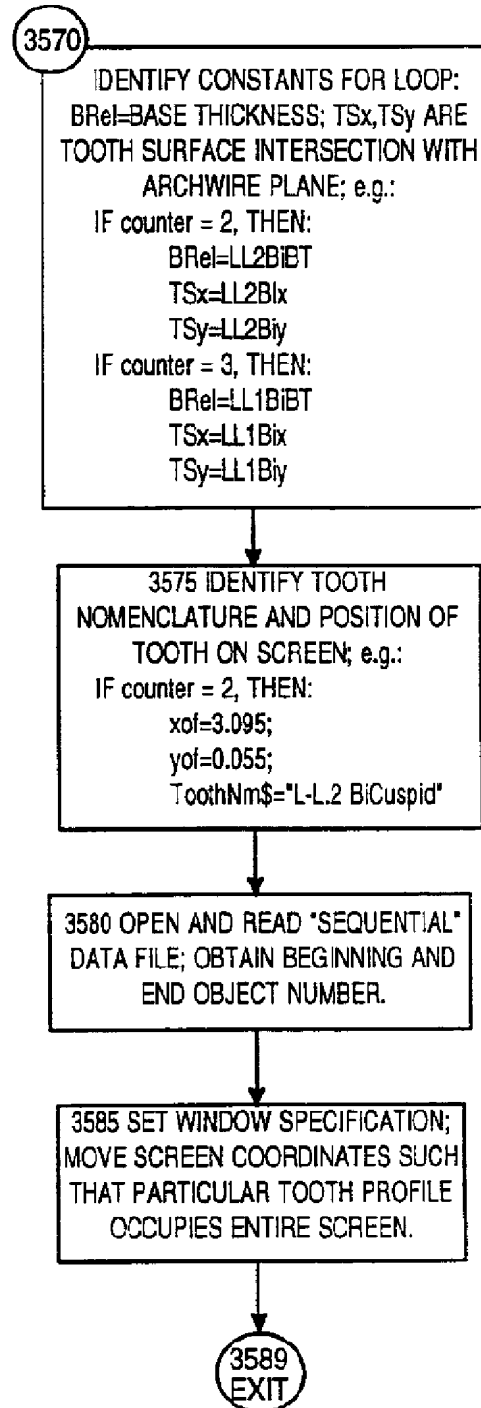


FIG. 2Z-2

【 图 2 】

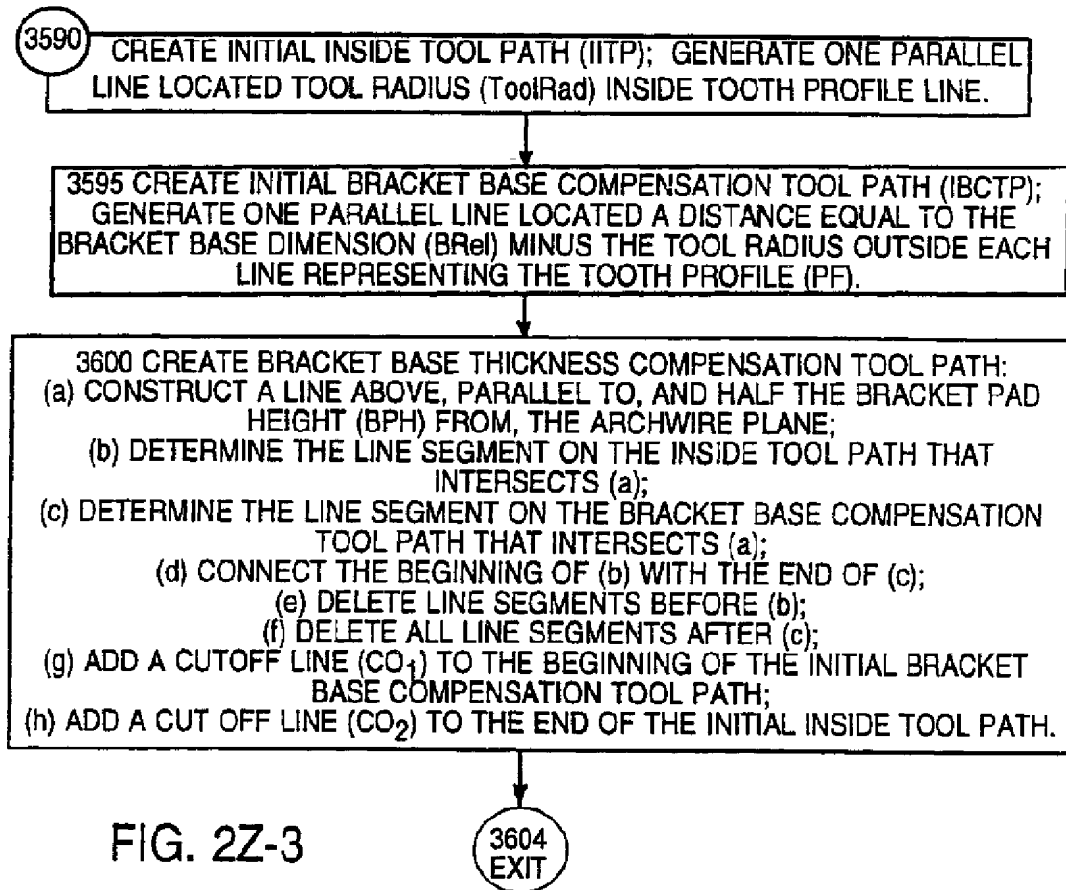


FIG. 2Z-3

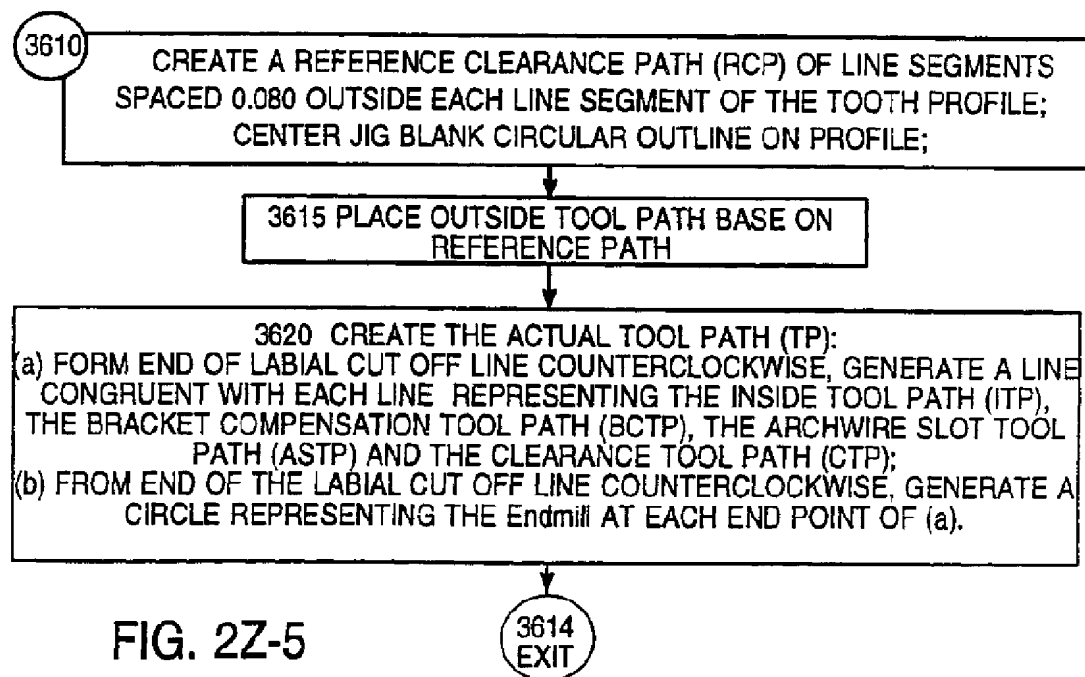


FIG. 2Z-5

【 図 2 】

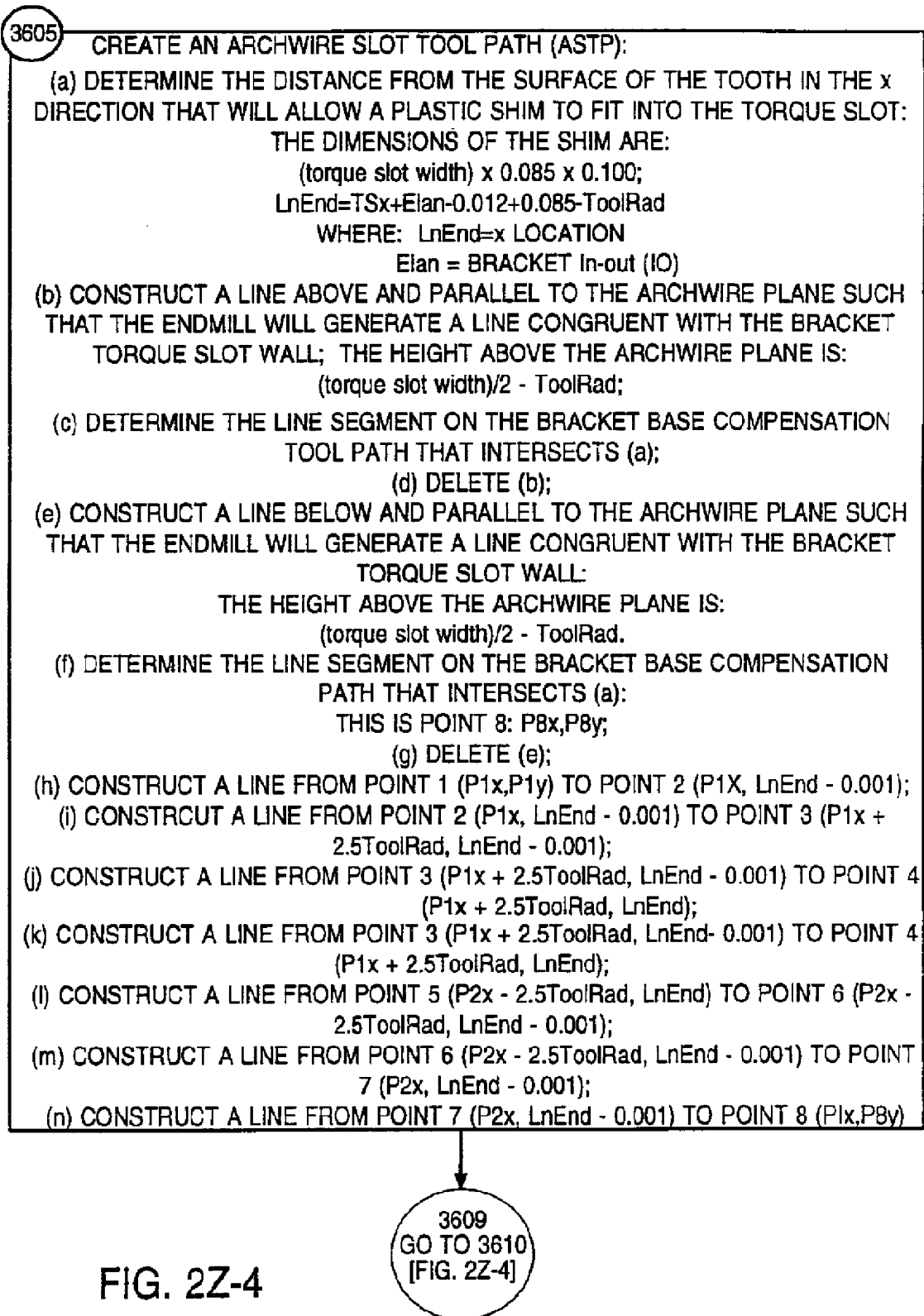


FIG. 2Z-4

【 図 2 】

3625 CREATE A CNC MACHINE CODE AND WRITE IT TO FILE:

(a) WRITE PCount GENERATED P-CODE ROUTINE NOMENCLATURE TO FILE:
 IF PCount<=9, THEN: { PCount\$=str(PCOUNT);
 strex(Count\$,PCount\$,0,1);
 strcat(one\$,"P0",Count\$); }
 ELSE: { d\$=str(PCount);
 strex(Count\$,d\$,0,2);
 strcat(one\$,"P",Count\$); }

WRITE(h1,one\$);

(b) WRITE RAPID TO 0.020 ABOVE WORKPIECE TO FILE: "G00 G90 Z.020";

(c) DETERMINE END OF INITIAL LINE AND NAME AS P1x AND P1y;

(d) DETERMINE STARTING POSITION RELATIVE TO JIG BLANK CENTER:
 GStrx=P1x-Toolx;
 Gstry=P1y-Toolx;
 strcat(two\$,"G00 G91 X",str(GStrx),"Y",str(Gstry));
 WRITE(h1,two\$);

(e) CREATING PECKING MOTION TO CLEAR WORKPIECE ENTRANCE:
 WRITE(h1,"G01 G90 Z-.055 F1.0");
 WRITE(h1,"G00 A.020");
 WRITE(h1,"G01 Z-.055 P1.0");

(f) CREATE EACH INCREMENTAL MOVE
 AND WRITE TO FILE:

i=CutStrt + 1; WHILE i<= CutEnd do { inqobj(i,10,Begx,Begy,Endx,Endy); P2x=Endx; P2y=Endy; addobj(40,P2x,P2y,ToolRad); x=P2x-P1x; y=P2y-P1y;	IF i==CutStrt + 1 THEN { five\$=""; strcat(five\$,"G01 G91 X",str(x),"Y",str(y),"F1.5"); WRITE(h1,five\$); } ELSE { five\$=""; strcat(five\$,"X",str(x),"Y",str(y)); write(h1,five\$); } P1x=P2x; P1y=P2y; i=i+1;
---	--

(g) DETERMINE AND CREATE LAST MOVE TO CLOSE LOOP:
 inqobj(CutStrt,10,Begx,Begy,Endx,Endy);
 addobj(10,Endx-.01,Endy,Endx+.01,Endy);
 addobj(10,Endx,Endy-.01,Endx,Endy+.01);
 P2x=Endx;
 P2y=Endy;
 x=P2x-P1x;
 y=P2y-P1y;
 six\$="";
 strcat(six\$,"X",str(x),"Y",str(y));
 WRITE(h1,six\$);

(h) TURN ON ABSOLUTE TO MOVE .500 ABOVE WORKPIECE AND P-CODE:
 WRITE(h1,"G00 G90 Z.5");
 WRITE(h1,"M12");

FIG. 2Z-6

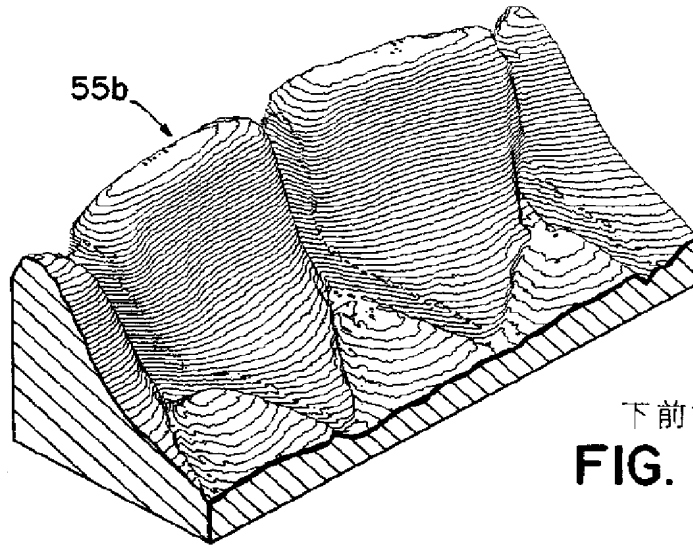
3629
EXIT

【図3】

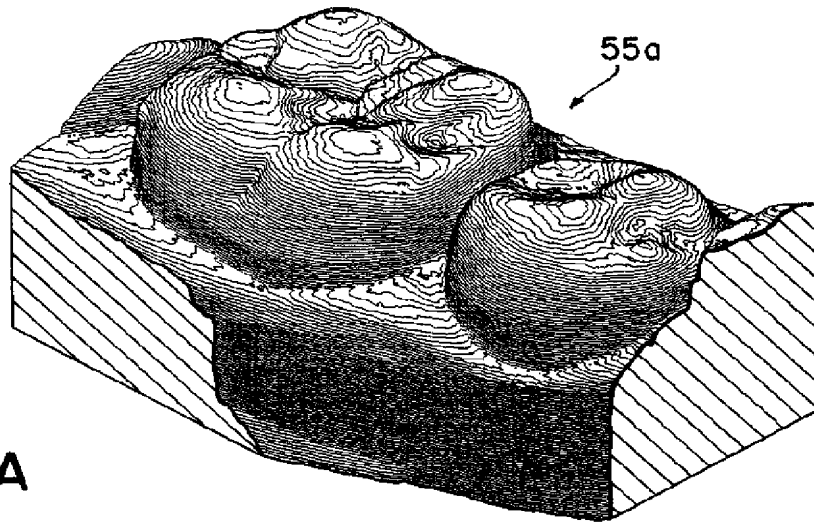


FIG. 3

【図3】

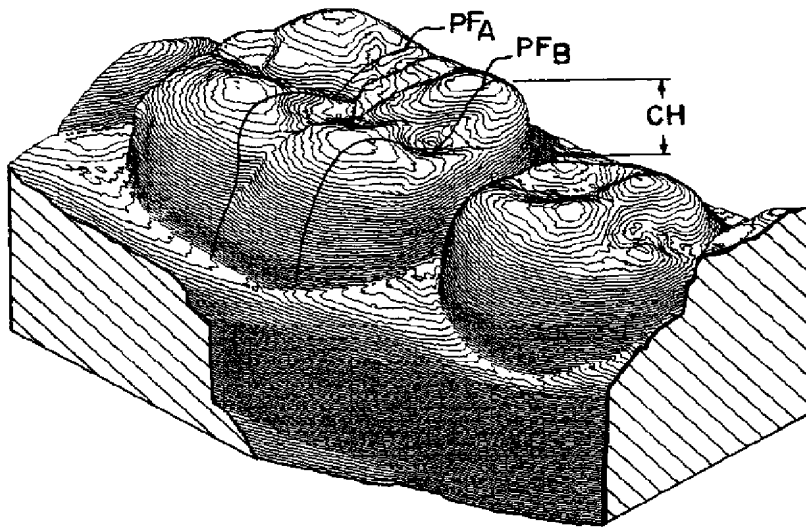


下前歯
FIG. 3B



下右歯
FIG. 3A

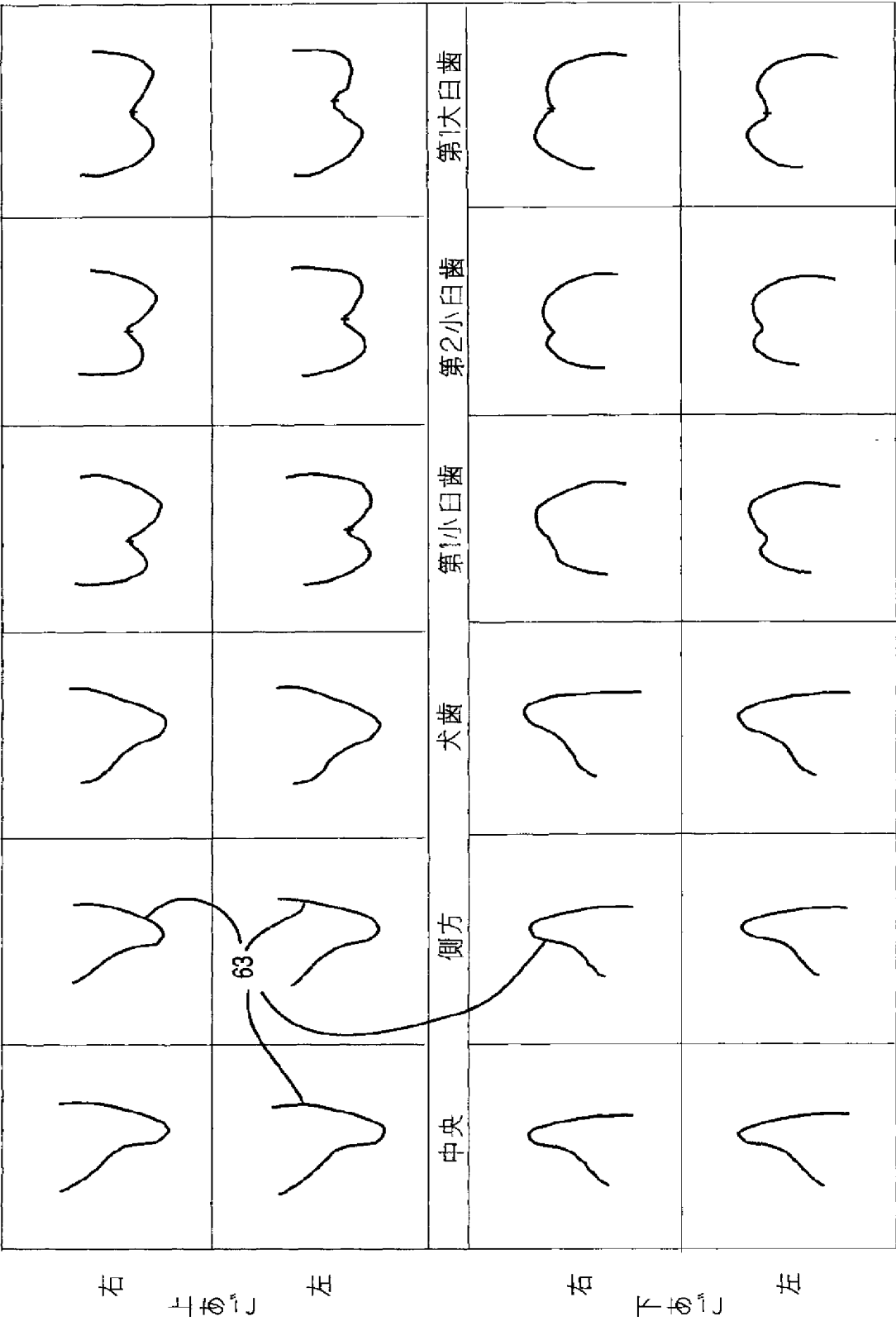
【図6】



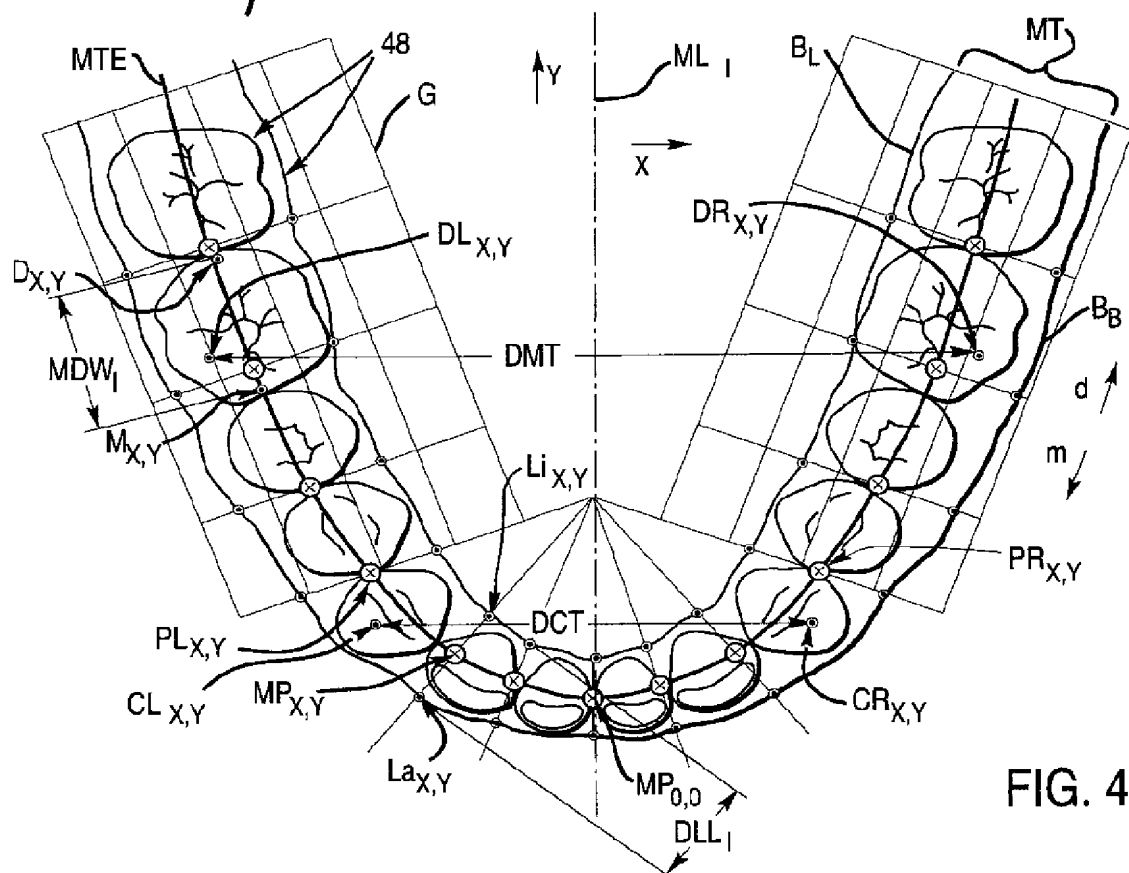
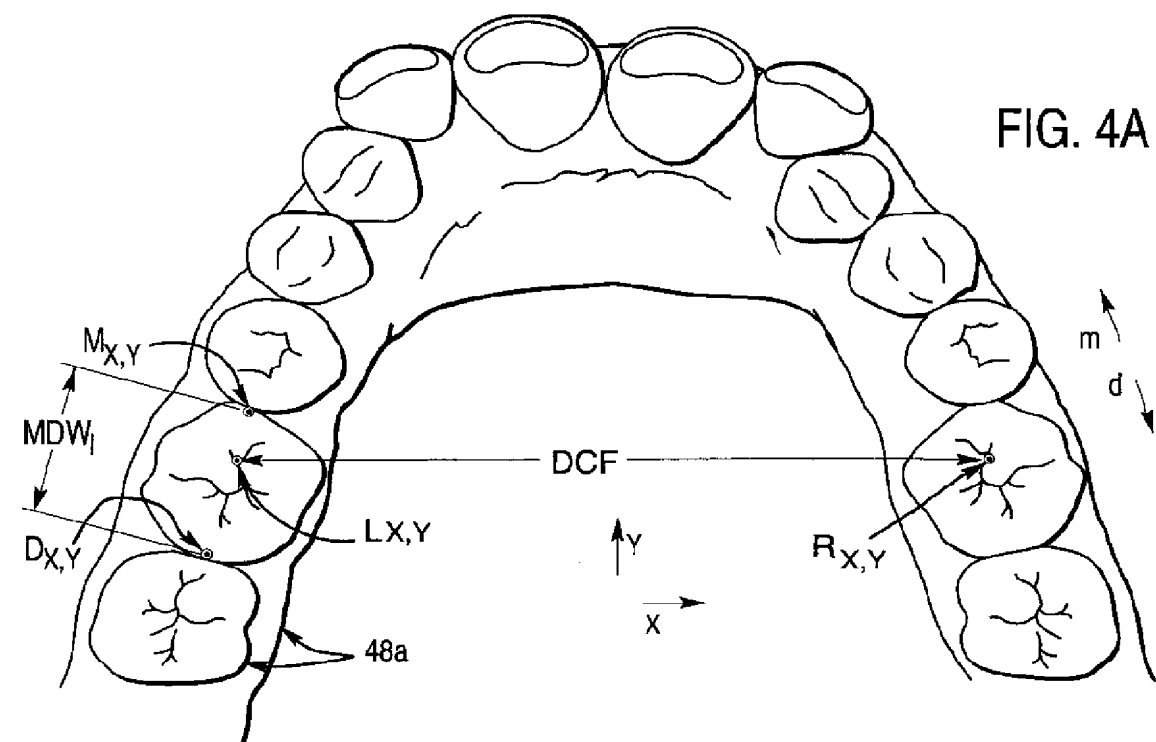
下右歯
FIG. 6

【 図 3 】

FIG. 3C



【 図 4 】



【 図 4 】

FIG. 4C

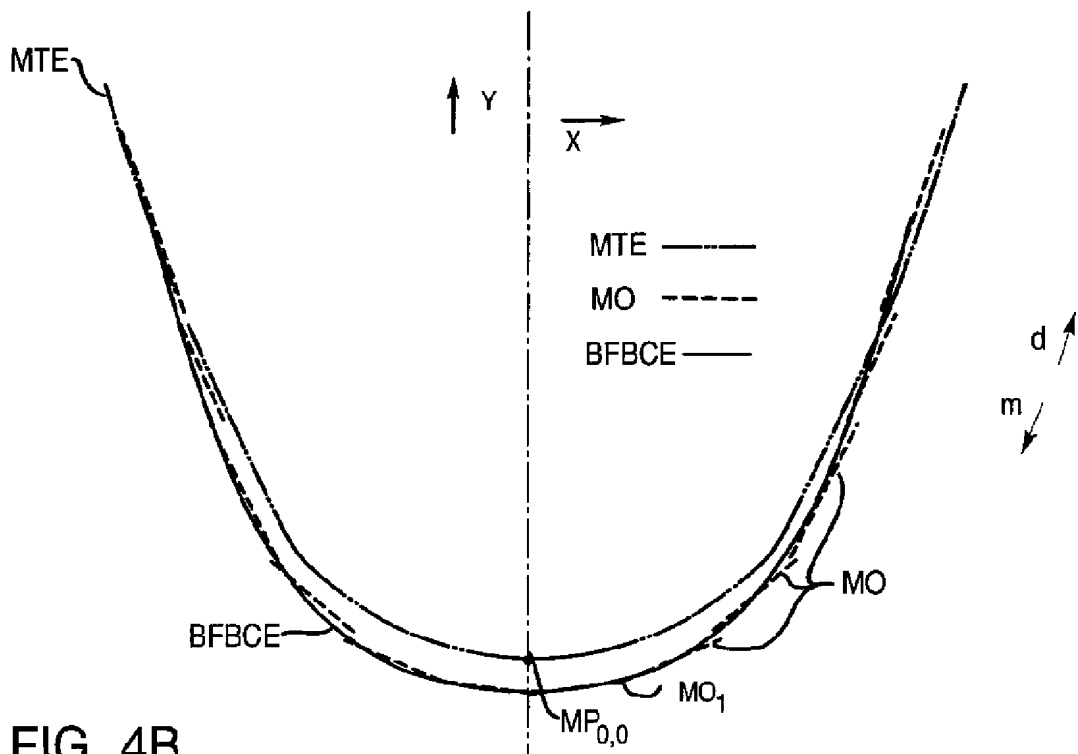
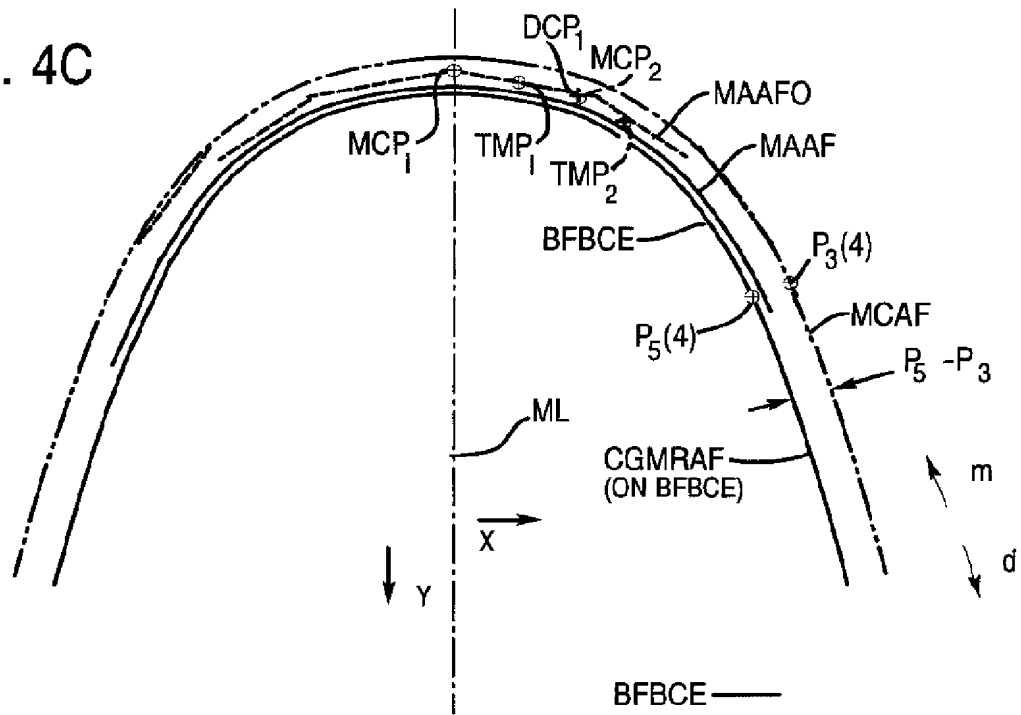


FIG. 4B

【 図 4 】

FIG. 4D

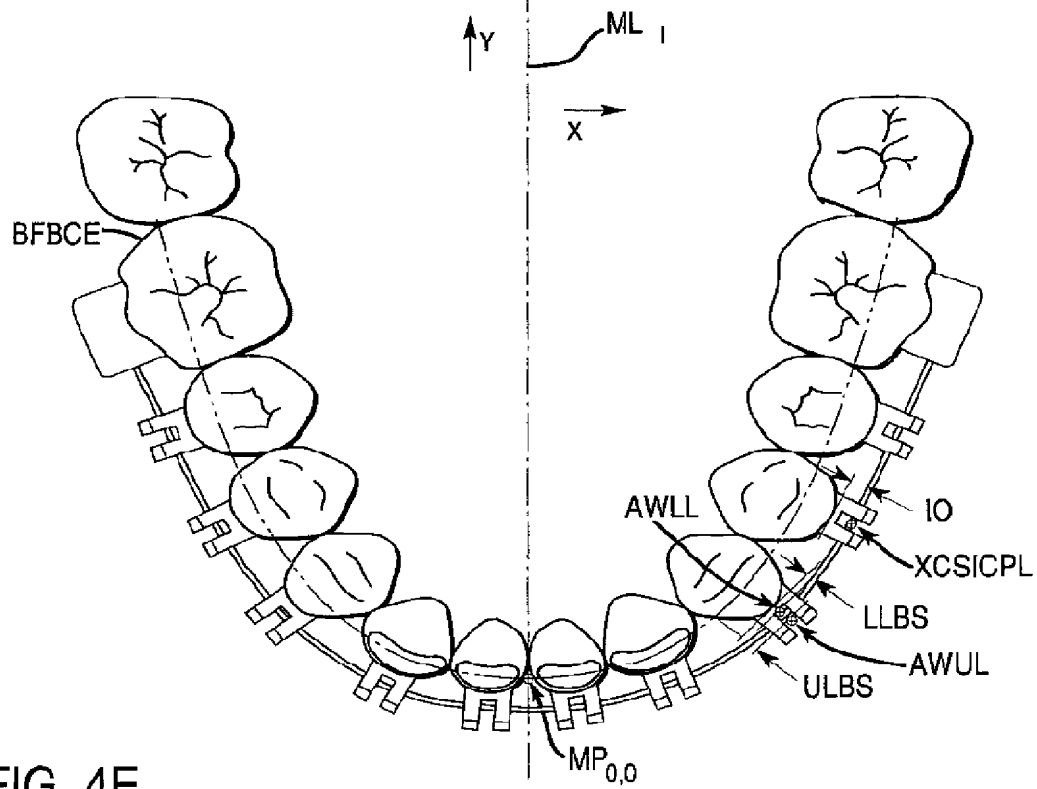
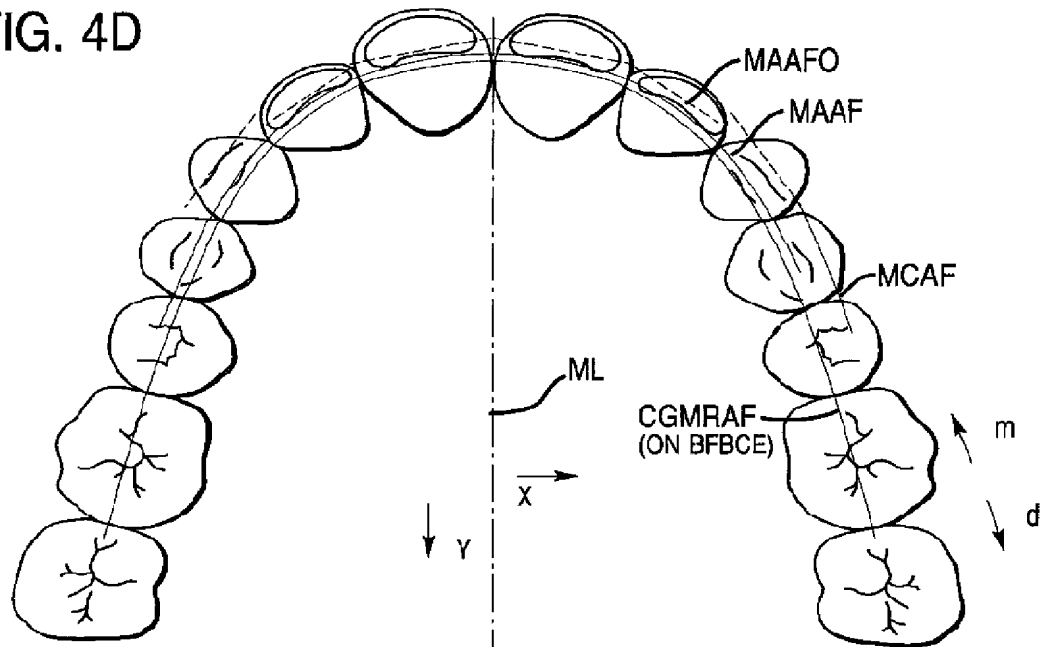
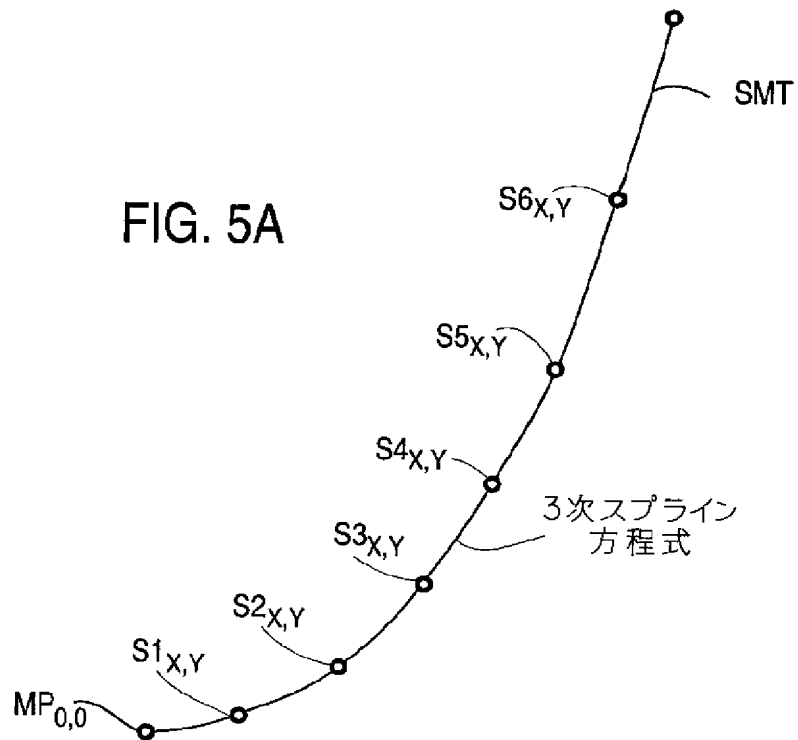
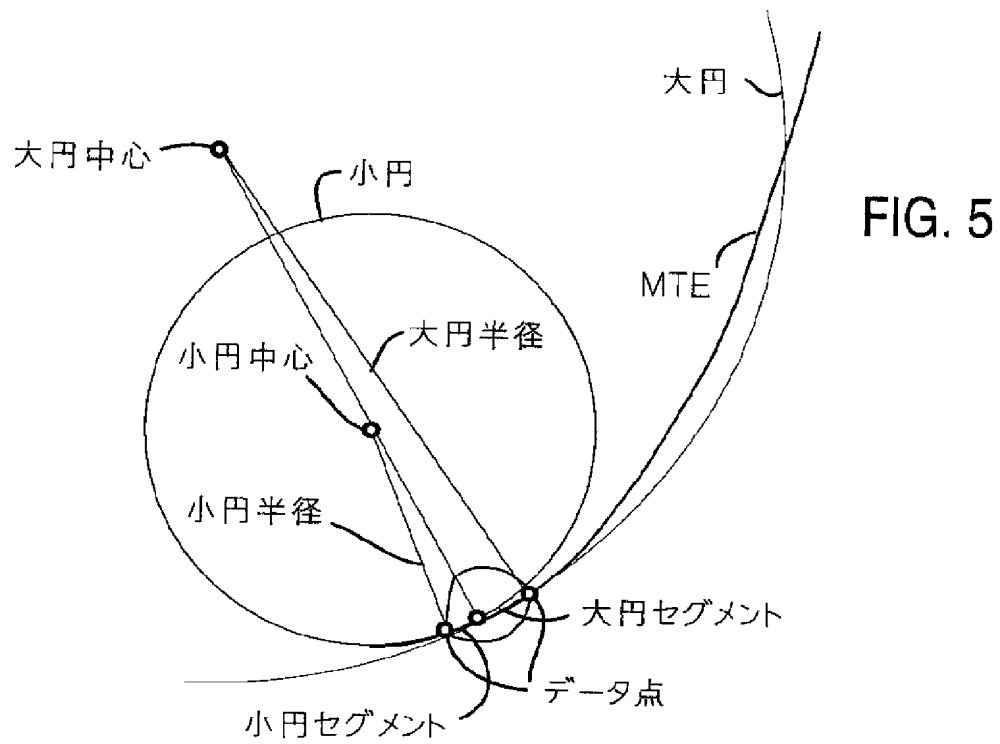
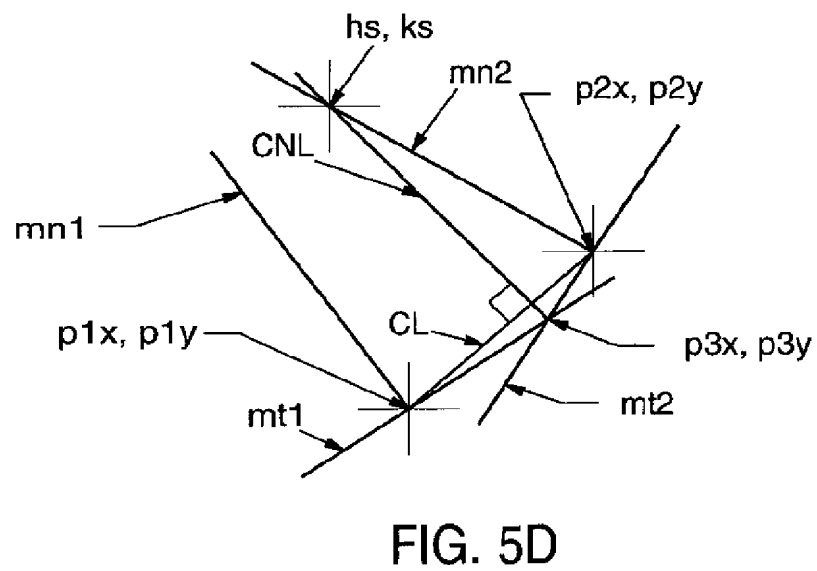
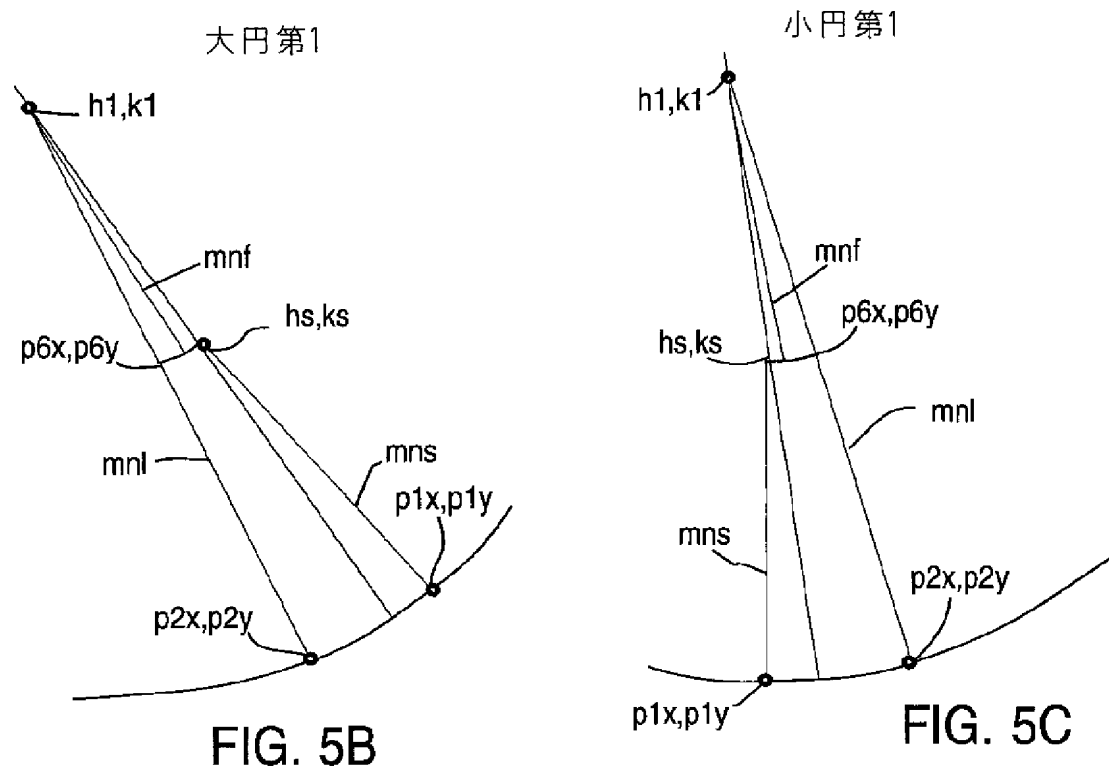


FIG. 4E

【図5】



【図5】



【図5】

スプラインセグメント No.1
円セグメント Nos.1 and 2

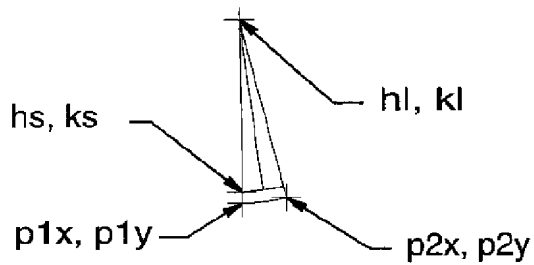


FIG. 5E

スプラインセグメント No.2
円セグメント Nos.3 and 4

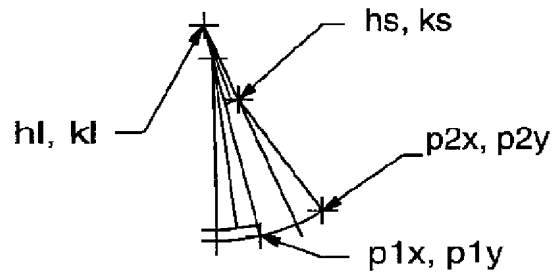


FIG. 5F

スプラインセグメント No.3
円セグメント Nos.5 and 6

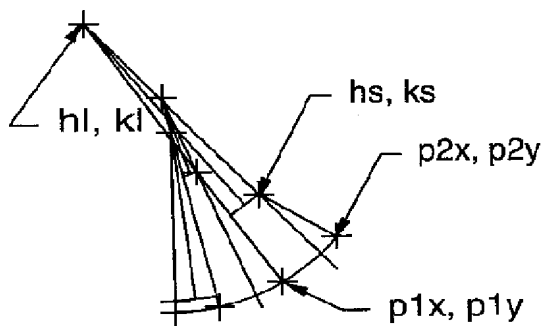


FIG. 5G

スプラインセグメント No.4
円セグメント Nos.7 and 8

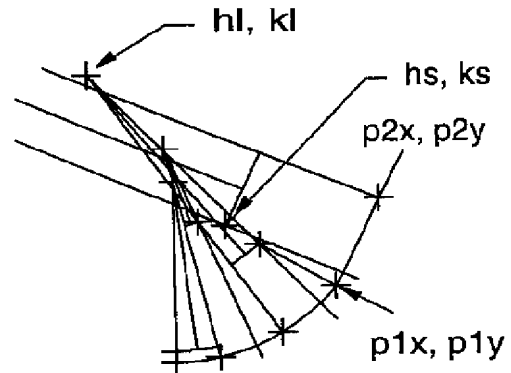


FIG. 5H

スプラインセグメント No.5
円セグメント Nos.9 and 10

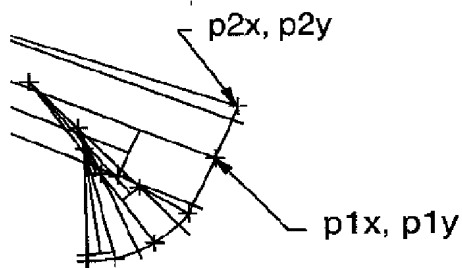


FIG. 5I

スプラインセグメント No.6
円セグメント Nos.11 and 12

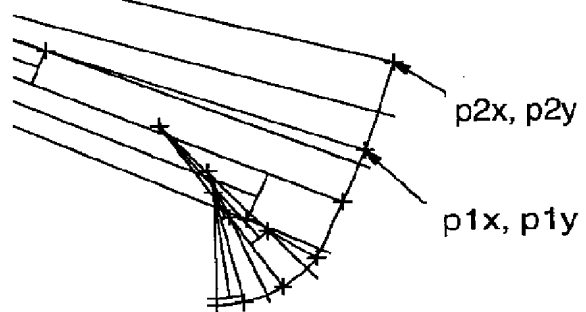


FIG. 5J

【図5】

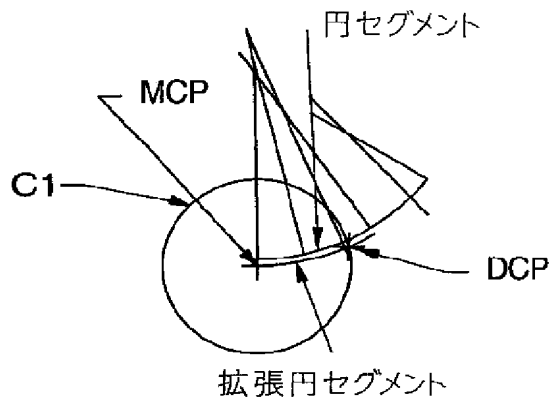


FIG. 5K

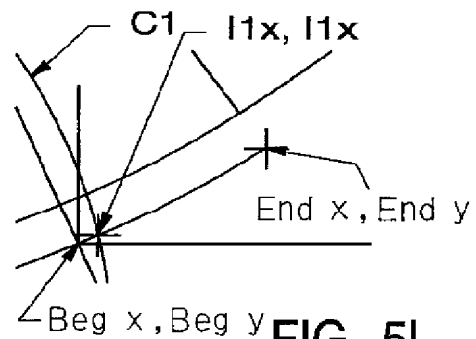


FIG. 5L

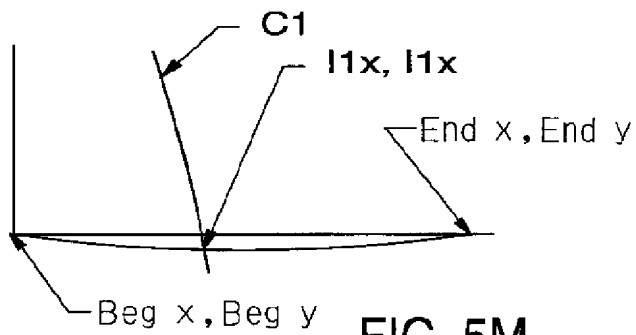


FIG. 5M

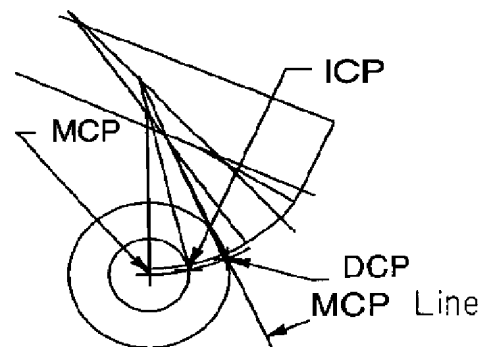


FIG. 5N

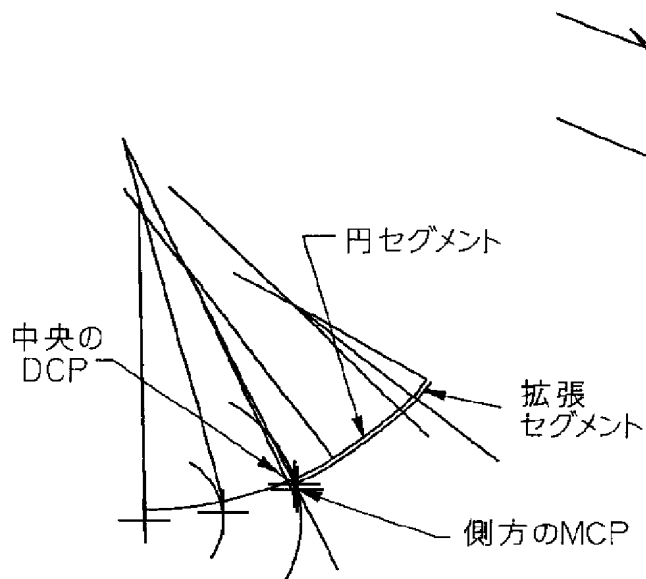


FIG. 5O

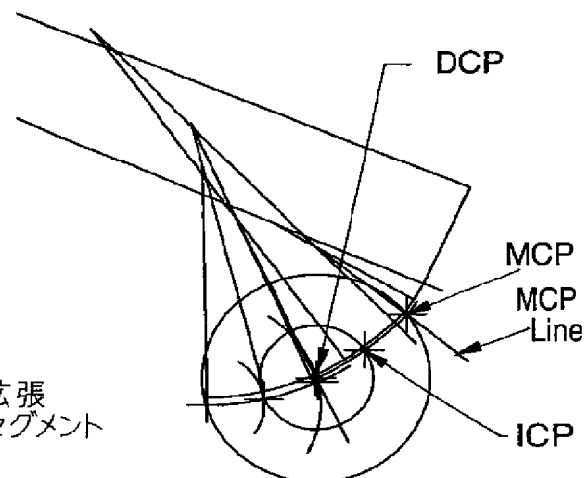


FIG. 5P

【图6】

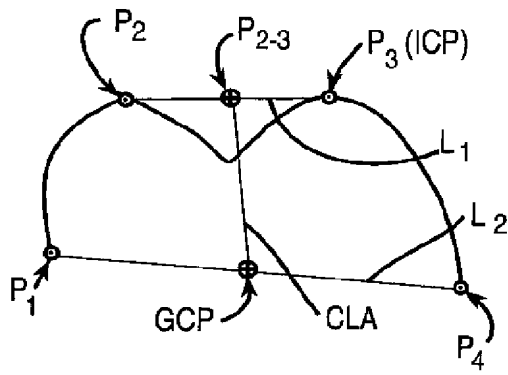


FIG. 6A

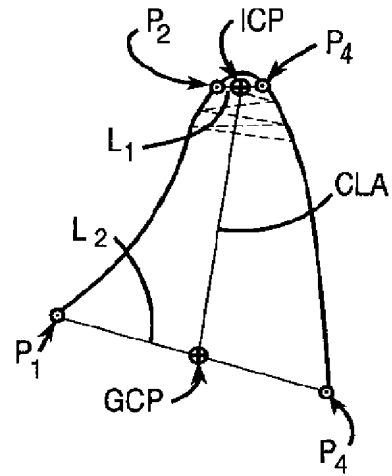


FIG. 6B

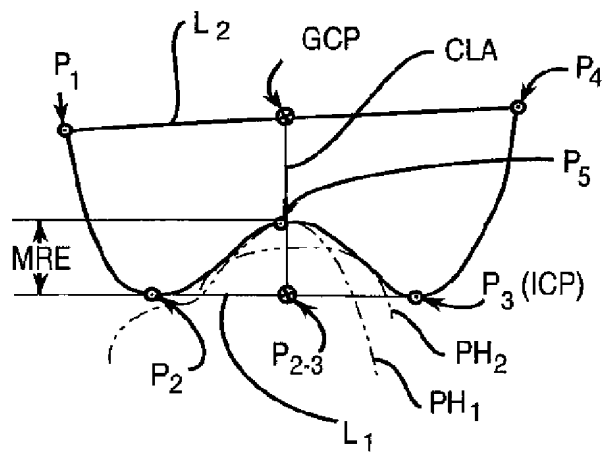


FIG. 6C

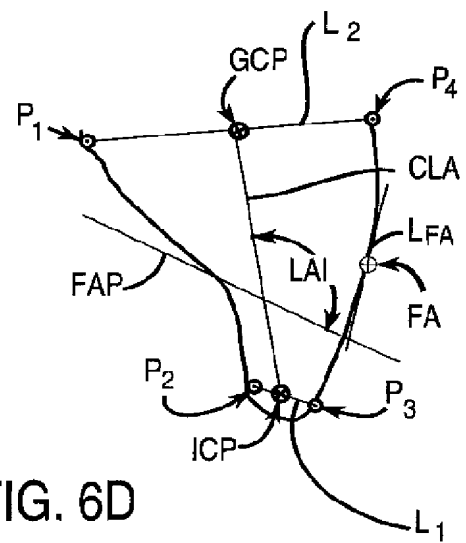


FIG. 6D

【図6】

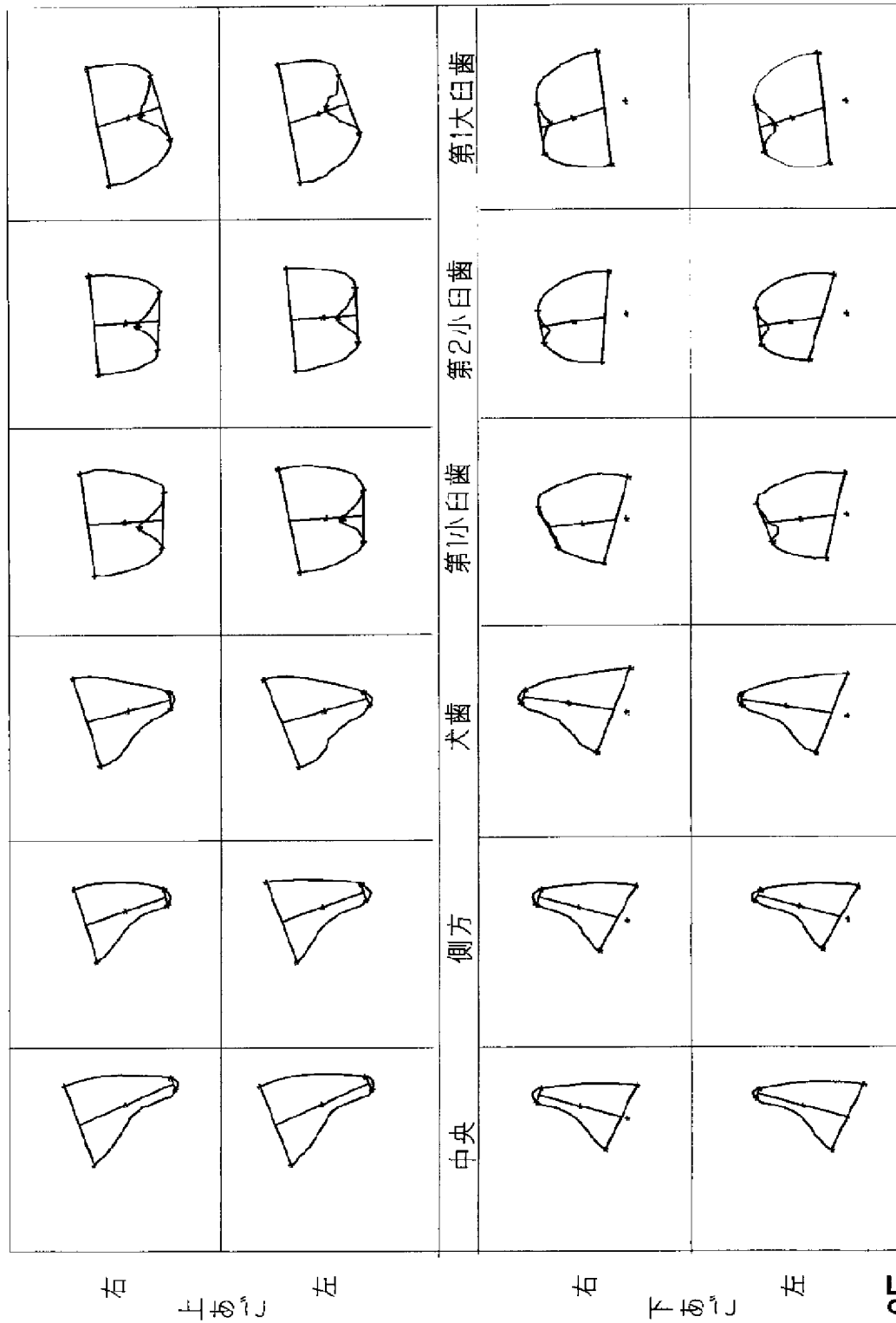


FIG.6E

【图6】

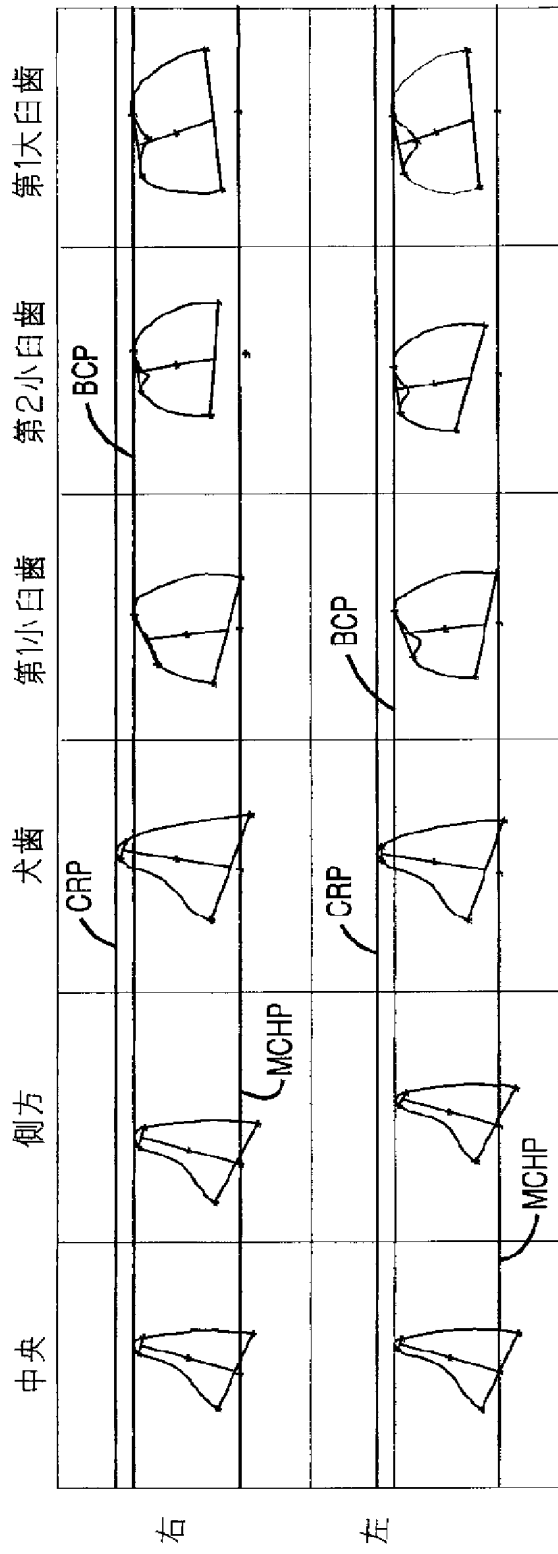
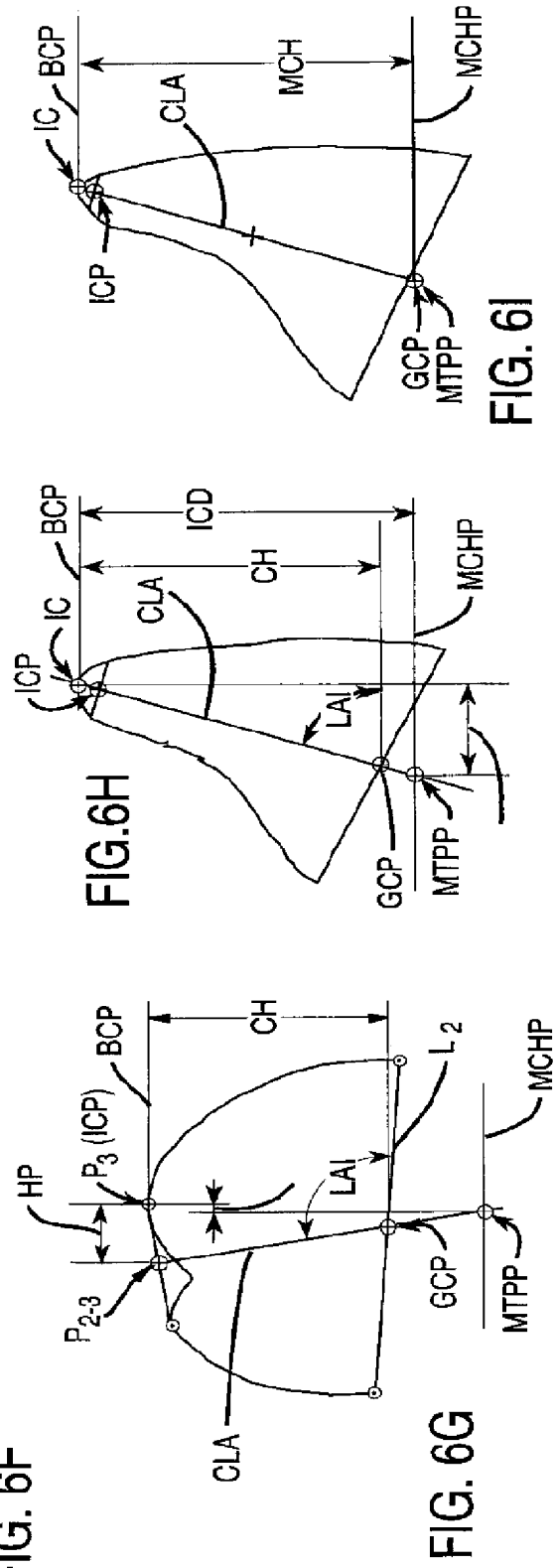
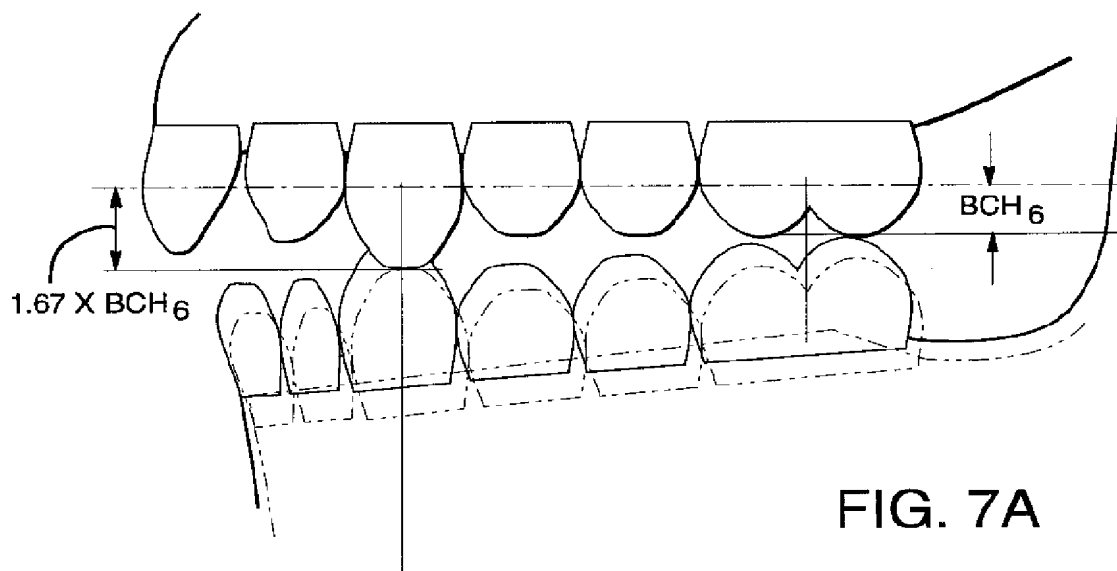
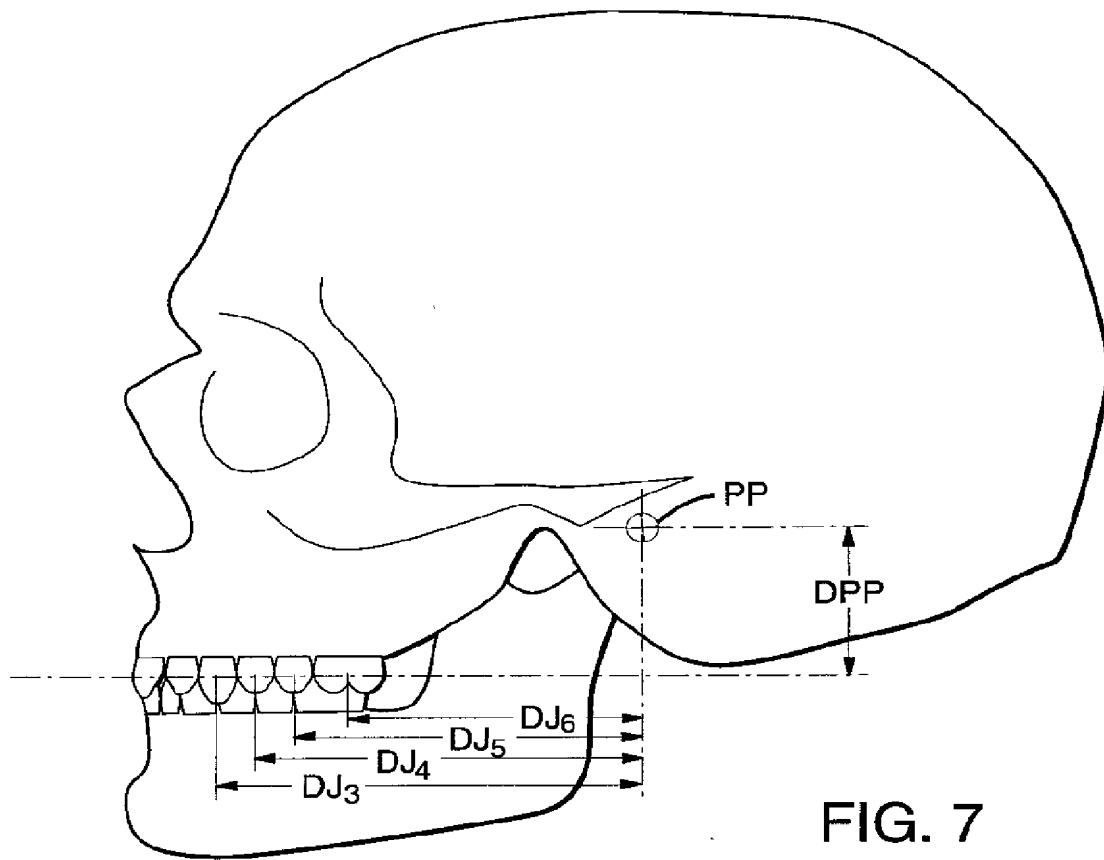


FIG. 6F



【图7】



【図7】

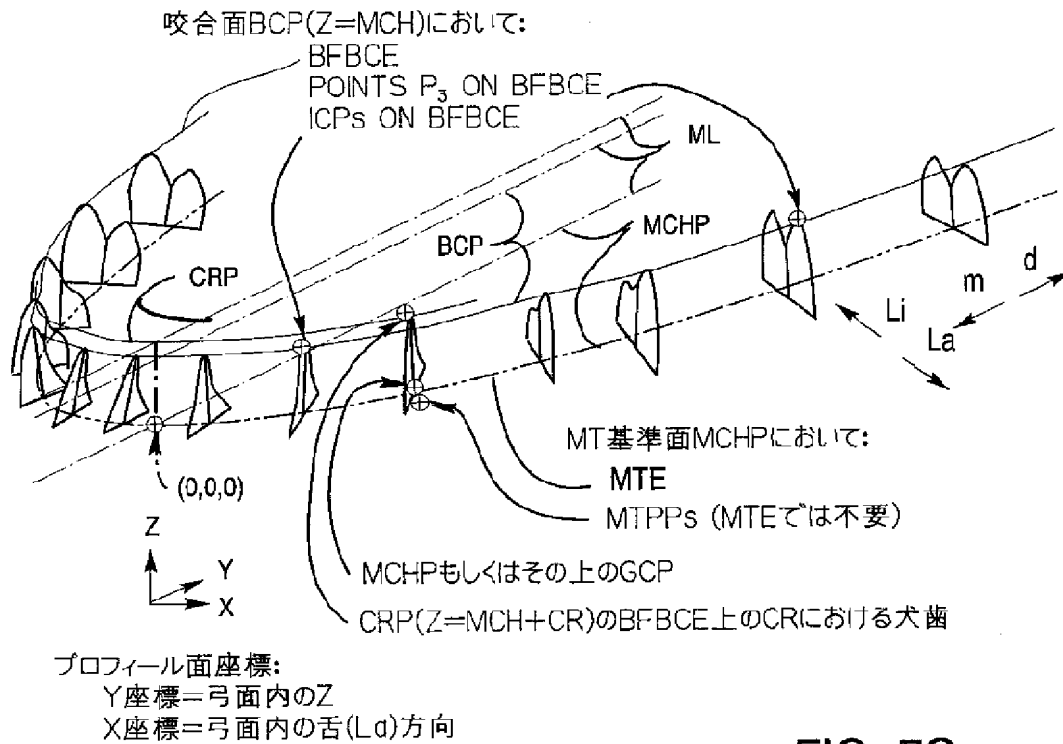
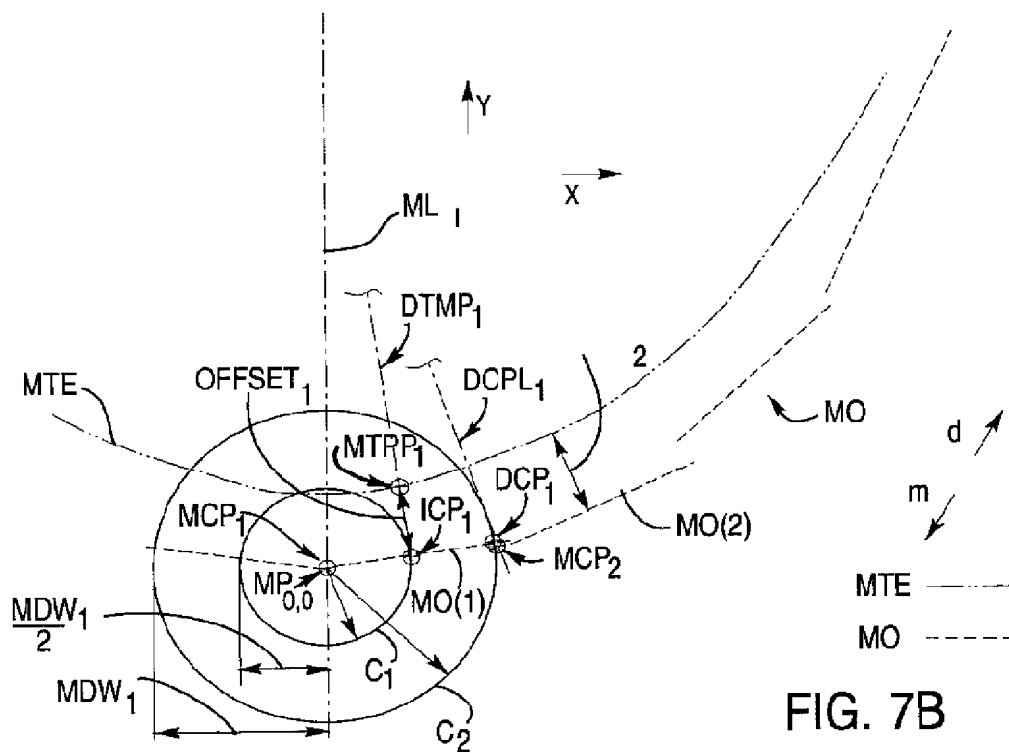
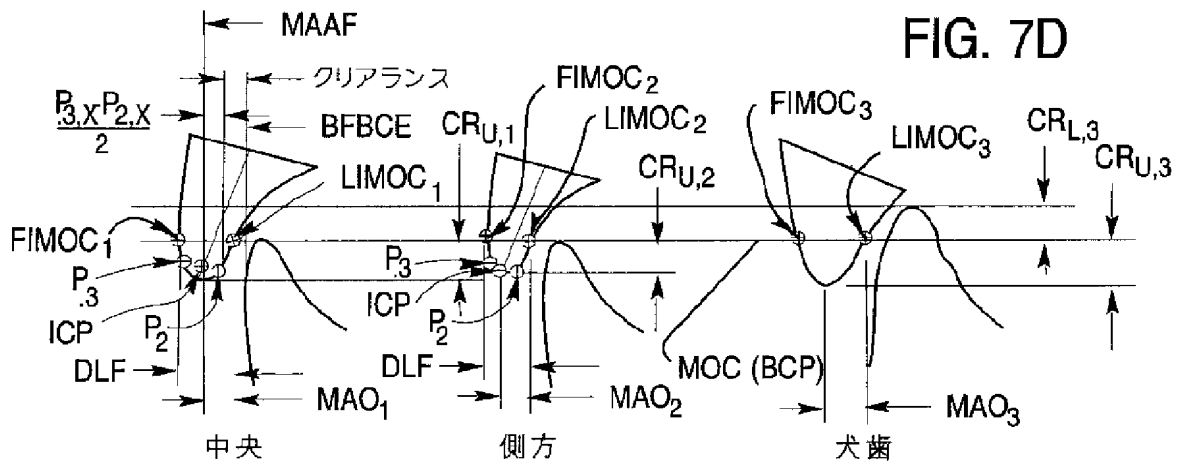


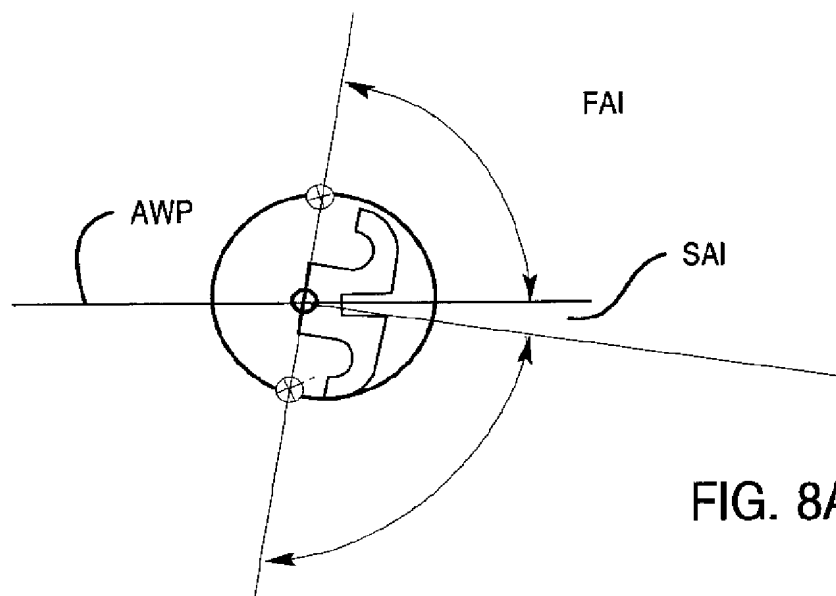
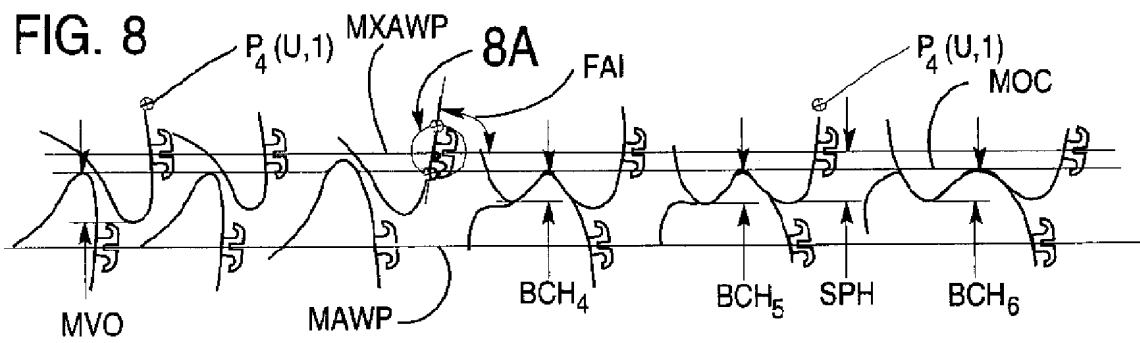
FIG. 7C



【 図 7 】



【 図 8 】



【 図 8 】

FIG. 8D

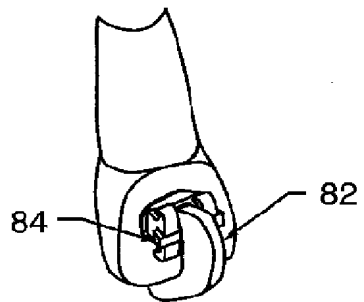


FIG. 8E

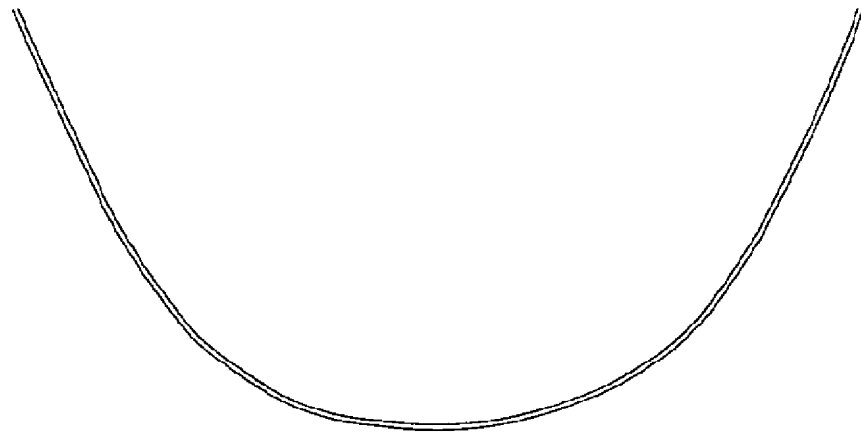
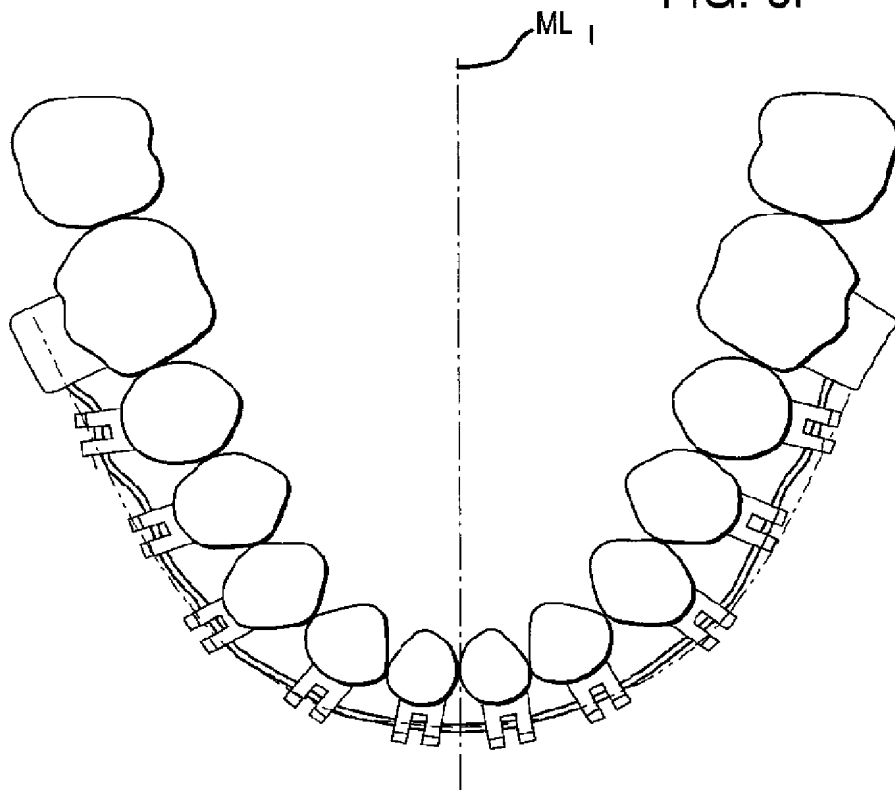


FIG. 8F



【 図 8 】

FIG. 8I

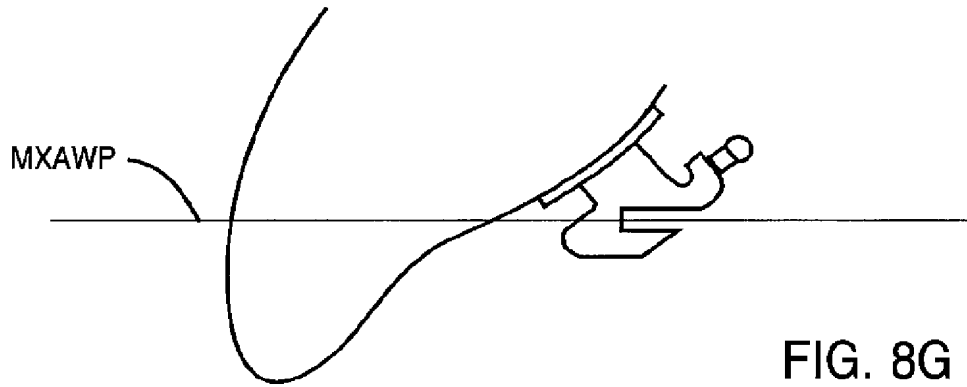
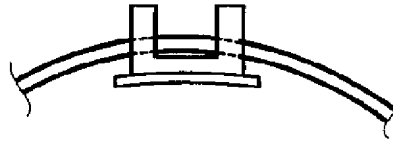
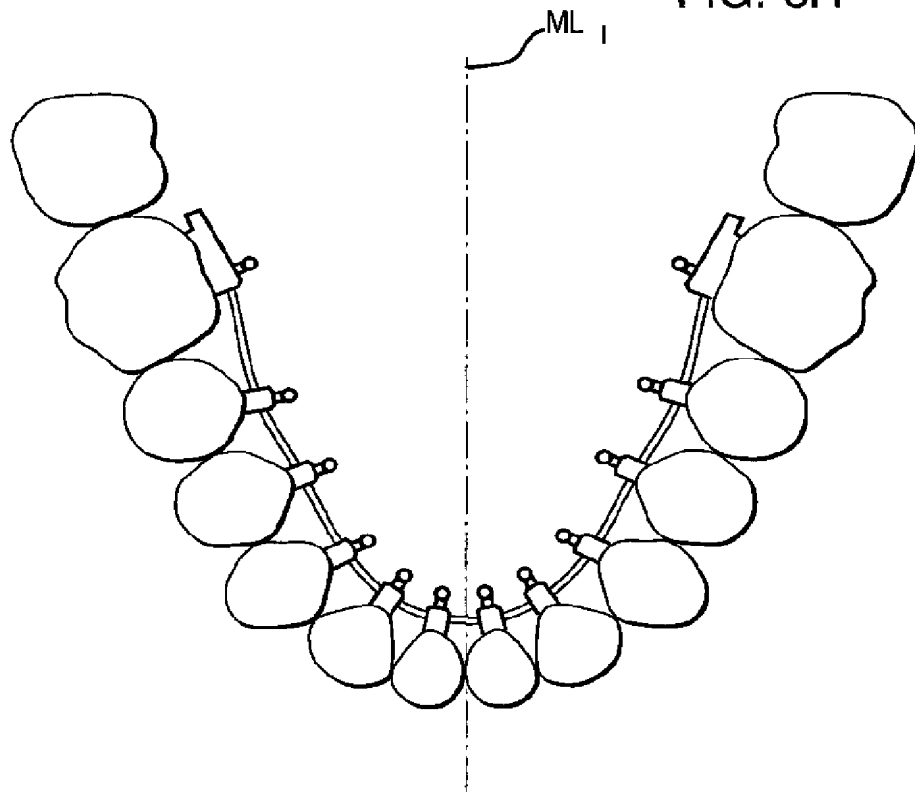
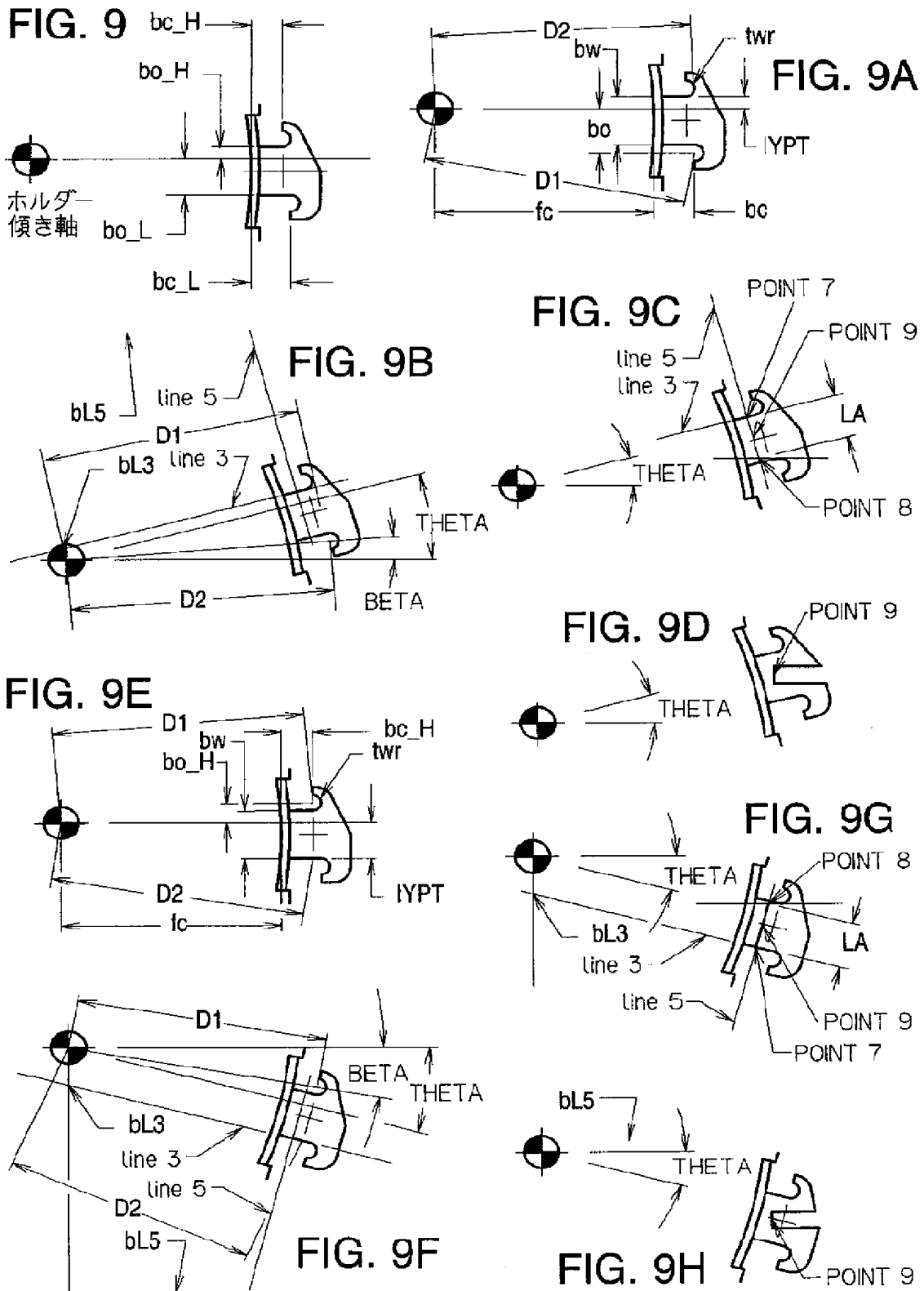


FIG. 8G

FIG. 8H



【図9】



【図9】

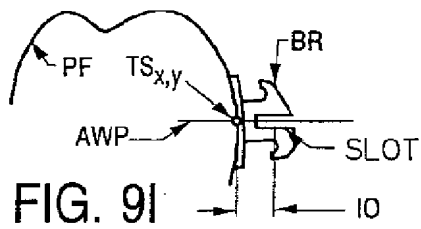


FIG. 9I

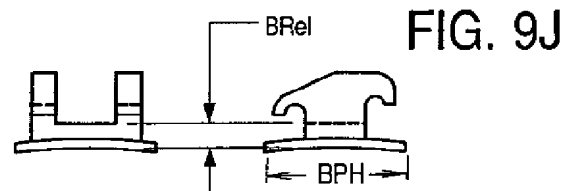


FIG. 9J

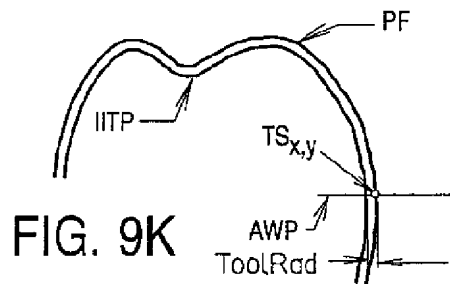


FIG. 9K

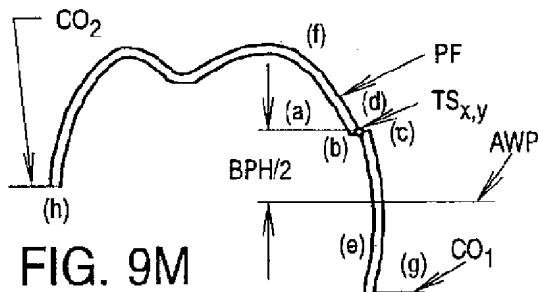


FIG. 9M

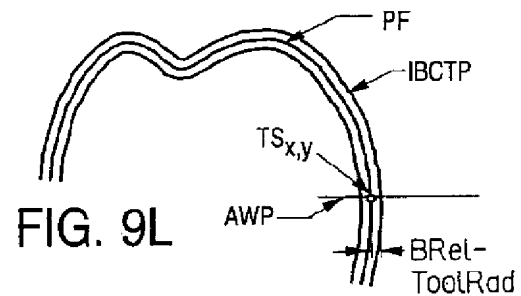


FIG. 9L

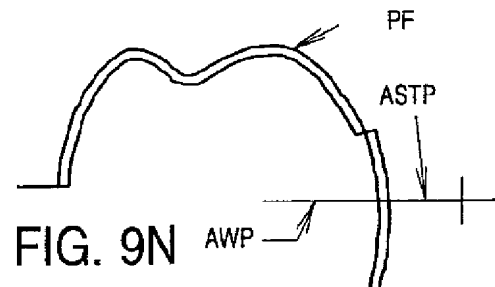


FIG. 9N

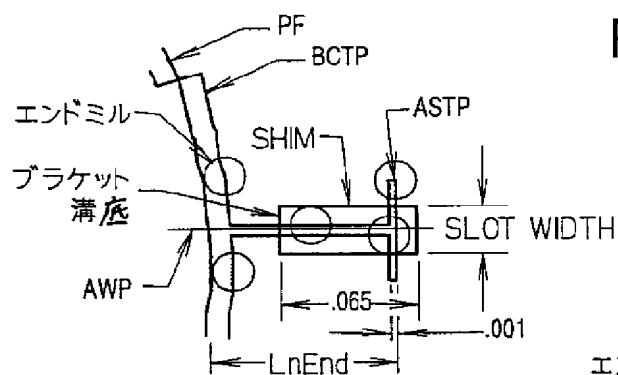


FIG. 9O

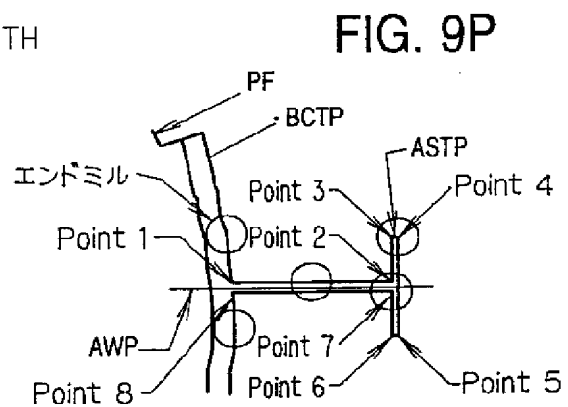
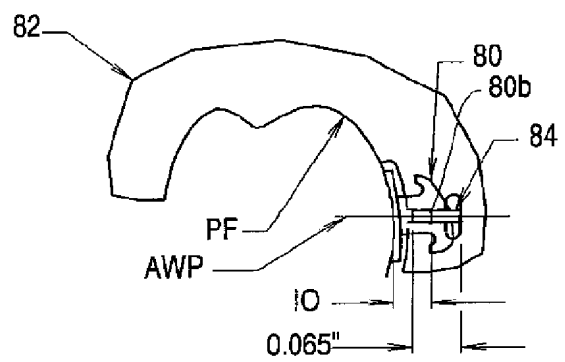
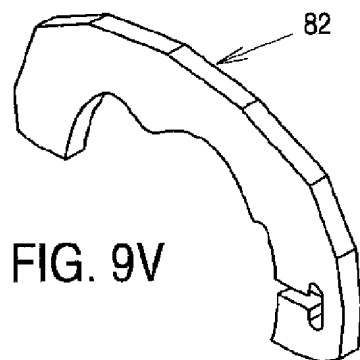
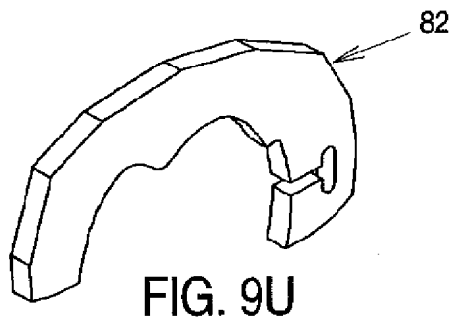
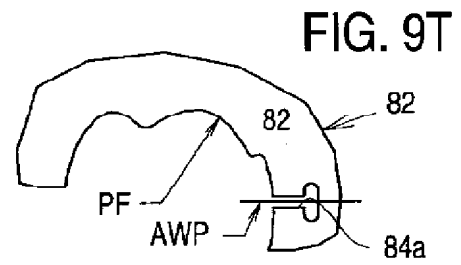
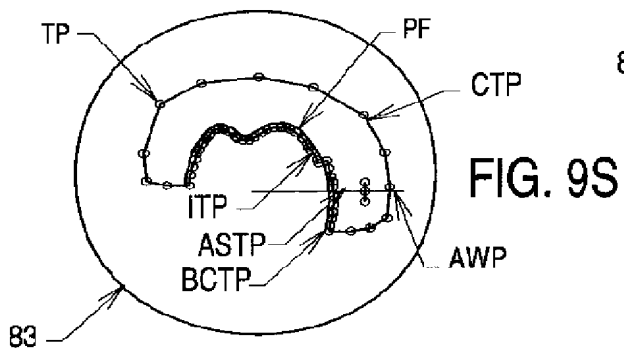
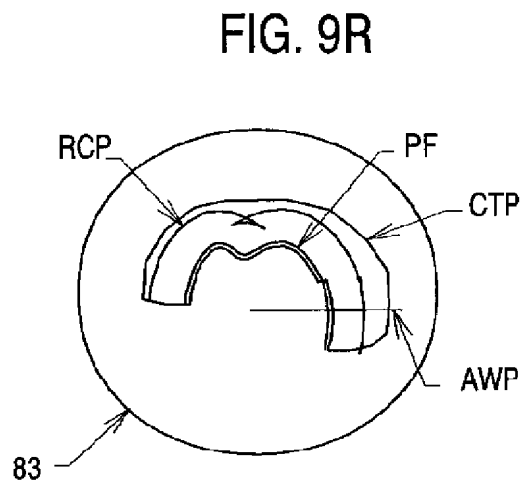
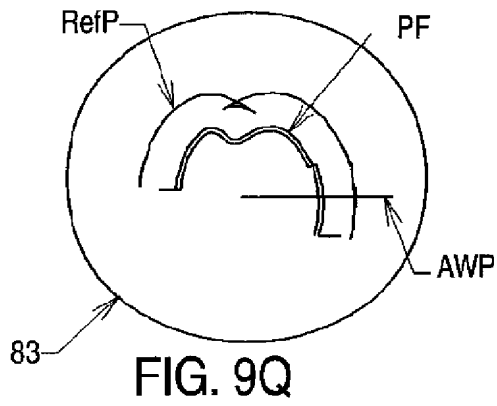


FIG. 9P

【 図 9 】



【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Inter- national Application No PCT/US 93/10858
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 5 A61C7/00 A61C13/00		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 5 A61C		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP,A,0 502 227 (ANDREIKO) 9 September 1992 see the whole document ---	1,2,6,9, 11,18, 23,29, 30,33
A	WO,A,90 08512 (DOLPHIN IMAGING SYSTEMS) 9 August 1990 see the whole document -----	1
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C. <input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents : "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "I" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art. "A" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search 22 February 1994		Date of mailing of the international search report 04. 03. 94
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl Fax (+31-70) 340-3016		Authorized officer Vanrunxt, J

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

information on patent family members

International Application No.

PCT/US 93/10858

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP-A-0502227	09-09-92	NONE	
WO-A-9008512	09-08-90	US-A- 5011405	30-04-91
		AU-A- 5097090	24-08-90

フロントページの続き

(31)優先権主張番号 07/973, 965
(32)優先日 1992年11月9日
(33)優先権主張国 米国(US)
(31)優先権主張番号 07/973, 973
(32)優先日 1992年11月9日
(33)優先権主張国 米国(US)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AT, AU, BB, BG, BR, BY, CA, CH, CZ, DE, DK, ES, FI, GB, HU, JP, KP, KR, KZ, LK, LU, LV, MG, MN, MW, NL, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SK, UA, VN

【要約の続き】

る。弧線はワイヤベンダー(40)により自動的に最適な滑らかな弓形及び最適なロープロファイルブラケット設計に形成される。好ましくは、弓方程式は3次スプライン方程式で開始され数値形成装置の機械制御命令のための一連の円セグメントの形式へ変換される。数値制御機械(41)と同時に設計され自動的に作られて歯の上の接続点に器具を位置決めして方位を定める各配置治具が歯の輪郭に対して注文整形された表面を有している。ブラケット、ワイヤ及び治具を作る機械(38-41)はデジタル化された歯及び顎形状データ及び歯仕上げ位置及び器具設計のデジタル表現から引き出されるコマンドにより駆動される。